



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

H 144.3.10

**HARVARD COLLEGE
LIBRARY**



**LIBRARY OF THE
MINERALOGICAL
LABORATORY
UNIVERSITY MUSEUM**

HARVARD COLLEGE LIBRARY



**BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON**

**FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION**

Transferred to
CABOT SCIENCE LIBRARY
June 2005

LA
MONTAGNE PELÉE

APRÈS
SES ÉRUPTIONS

AVEC OBSERVATIONS SUR LES ÉRUPTIONS DU VÉSUVÉ EN 79 ET EN 1906

PAR

A. LACROIX

MEMBRE DE L'INSTITUT
PROFESSEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

OUVRAGE PUBLIÉ

PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

—
1908

LA
MONTAGNE PELÉE
APRÈS
SES ÉRUPTIONS

A LA MÊME LIBRAIRIE

La Montagne Pelée et ses éruptions, par A. LACROIX, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle, chef de la mission scientifique de la Martinique. Ouvrage publié par l'*Académie des Sciences* sous les auspices des *Ministères de l'Instruction publique et des Colonies*. Paris, 1904. 1 fort vol. de xxii-662 pages, brillamment illustré de 238 figures dans le texte et de 31 planches hors texte en héliogravure et en photocollographie 60 fr.

Folio
QE
523
P3L1

LA
MONTAGNE PELÉE

APRÈS
SES ÉRUPTIONS

AVEC OBSERVATIONS SUR LES ÉRUPTIONS DU VÉSUVÉ EN 79 ET EN 1906

PAR

A. LACROIX

MEMBRE DE L'INSTITUT
PROFESSEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

OUVRAGE PUBLIÉ

PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

—
1908

T 144.3.
H 144.3.10

July 8, 1920

Mineralogical Laboratory

D. R. L. Fund

ERRATA DU VOLUME DE 1904 (1).

- Page vi. — Note ligne 2, en remontant, au lieu de « 1902 », lire « 1903 ».
- xvi. — ligne 23, au lieu de « (41-155) », lire « (41-55) ».
 - 21. — ligne 23, au lieu de « 1 077 m. », lire « 1 050 m. ».
 - 91. — Note 5 (en remontant), au lieu de « 1 797 », lire « 1 792 ».
 - 120. — Ligne 2, de l'explication de figure 2, au lieu de « 1 559 », lire « 1 579 ».
 - 132. — Lignes 4 et 5, au lieu du « 4 juillet, jour de plus grande hauteur », lire « 6 juillet 1903, à partir duquel elle a commencé à décroître définitivement ».
 - 414. — Ligne 2, au lieu de « projetées », lire « protégées ».
 - 513. — Ligne 4, au lieu de « liquides à bulles », lire « vitreuses à bulle ».
Ligne 13, au lieu de « 2,47 », lire « 2,40 ».
 - 526. — Ligne 20, au lieu de « (rhyolite) », lire « (trachyte) ».
 - 529. — Ligne 22, au lieu de « = 5,12 », lire « 4,7 ».
 - 572. — Ligne 16, au lieu de « x », lire « p ».
 - 572. — Ligne 17, au lieu de « o », lire « n ».
 - 572. — Ligne 18, au lieu de « p », lire « o ».
 - 575. — Ligne 18, en remontant, au lieu de « $\Phi = 5,12$ », lire « 4,7 ».

(1) Un premier errata a été donné [p. 654].

INTRODUCTION

L'importance et la nouveauté de quelques-uns des phénomènes qui ont signalé l'éruption de la Montagne Pelée m'ont conduit à publier très rapidement, et avant même la cessation complète des manifestations éruptives, les résultats de la Mission, dont, sur la proposition de l'Académie des Sciences, M. le Ministre des Colonies avait bien voulu me confier la direction en 1902-1903.

Mon livre, *La Montagne Pelée et ses Éruptions*, en effet, a paru en décembre 1904, alors qu'après plusieurs mois de repos relatif le volcan donnait quelques signes d'activité nouvelle. Ceux-ci ont été d'ailleurs bientôt en s'atténuant, pour cesser en juin 1905, après une dernière période explosive de minime importance.

A ce moment, la Mission scientifique de la Martinique a été disloquée par la rentrée en France de M. Giraud en juin, du capitaine Perney en juillet. L'Observatoire du Morne des Cadets, devenu surtout séismique et météorologique, a été confié à un autre de mes collaborateurs, M. Guinoiseau, qui, depuis lors, m'a tenu au courant des menus événements dont la Montagne Pelée était encore le siège.

J'ai continué à m'intéresser de loin à ce volcan, auprès duquel j'ai passé tant de mois d'observation. Les questions qu'a soulevées son histoire ont été rajeunies pour moi par deux voyages prolongés au Vésuve, effectués en 1905 et en 1906. Le premier a eu pour but de comparer le mode de destruction de Pompéi à celui de Saint-Pierre ; le second a été déterminé par une très violente éruption, que j'ai pu suivre en détail, grâce à une Mission dont m'a chargé M. le Ministre de l'Instruction publique.

Il me paraît utile de montrer aujourd'hui comment certaines des mani-

festations de ces deux volcans, alimentés par des magmas si différents, s'éclaircissent mutuellement.

Je me propose aussi d'utiliser les très nombreux documents photographiques et pétrographiques que M. Guinoiseau a bien voulu recueillir sur mes indications ; ils me permettent d'achever l'histoire de l'éruption de la Martinique et en particulier d'apporter une précieuse vérification aux vues théoriques que j'ai exposées sur la structure probable du dôme récent. M. Guinoiseau a eu, en effet, l'heureuse fortune de pouvoir le premier gravir, le marteau à la main, cette jeune montagne, dont j'ai suivi passionnément la croissance sans pouvoir la toucher moi-même.

Je dois, en outre, à l'obligeance du capitaine Perney, de M. Leboullanger et de M. Le Boucher, celles des photographies des Antilles reproduites plus loin, qui n'ont pas été faites par M. Guinoiseau.

MM. Brun, Mercalli et Frank A. Perret ont bien voulu me communiquer plusieurs épreuves photographiques du Vésuve, qui viennent compléter celles que j'ai prises moi-même. Comme dans mon précédent volume, toutes ces reproductions sont données sans retouches.

En terminant, je tiens à exprimer mes remerciements à l'Académie des Sciences et, en particulier, à ses Secrétaires Perpétuels, MM. Darboux et de Lapparent, qui ont bien voulu faciliter à M. Masson la publication de ce nouveau volume ; — à M. Baillet, directeur de l'Enseignement supérieur au Ministère de l'Instruction publique ; — à M. Vasselle, directeur au Ministère des Colonies ; — enfin, à M. Bonhoure et à M. Lepreux, gouverneurs de la Martinique, qui, à des titres divers, se sont intéressés à ce travail.

1^{er} Mars 1908.

BIBLIOGRAPHIE ⁽¹⁾

- 241.** — BAUER (L. A). — The magnetic disturbances during the eruption of Mont Pelé on May 8. *Report of the eighth internat. geogr. Congress*, 1904, Washington, 1905 (501-502).
- 242.** — BOULE (Marcellin). — La Montagne Pelée et les volcans d'Auvergne. *La Géographie*, XI, 1905 (7-26).
- 243.** — GILBERT (G. K). — The mechanism of the Mont Pelé Spine. *Science N. S.*, XVIII, 1904 (927-928).
- 244.** — GIRAUD (J.). — Bulletin concernant le volcan. *Journal officiel de la Martinique*, 1904 et 1905 (jusqu'en fin mai).
- 245.** — GUINOISEAU. — *Ibid.*, de juillet 1905 à juin 1907.
- 246.** — HELPRIN (Angelo). — The tower of Pelé. New studies of the great volcano of Martinique, Philadelphia, 1904, 1 vol. (31 cm.) (62 pages + 22 pl.).
- 247.** — — Destruction of Pompei as interpreted by the volcanic eruptions of Martinique (Abstract). *Report of the eighth internat. geogr. Congress*, 1904, Washington, 1905 (445), et *Nat. geogr. Mag.*, XV, 1904 (431).
- 248.** — HILL (Robert-T.). — Physical history of the Windward Islands as illustrated by the larger story of Pelé. *Ibid.* (244-245).
- 249.** — HOVEY (Edmond Otis). — New cone and obelisk of Mont Pelé. *Bull. geol. Soc. Amer.*, XV, 1903 (558-606 + 3 pl.).
- 250.** — — Present condition of Mont Pelé. *Ibid.*, XVI, 1904 (566-569).
- 251.** — — Mont Pelé from october 20 1903 to may 20 1904. *Science N. S.*, XX, n° 496.
- 252.** — — Volcanoes of Martinique, Guadeloupe and Saba. *Report of the eighth internat. geogr. Congress*, 1904, Washington, 1905 (1447-1451).
- 253.** — LACROIX (A.). — Les dernières éruptions de Saint-Vincent (mars 1903). *Ann. de géogr.*, Paris, XII, 1903 (261-268 + 3 pl.).
- 254** (2). — — La Montagne Pelée et ses éruptions. Paris, Masson, édit., 1904. (27 cm.) (662 + 238 fig. + 31 pl.).
- 255.** — — Sur un gisement de redondite à la Martinique. *Bull. Soc. franç. minér.*, 1905, XXVIII (13).
- 256.** — — Observations faites à la Montagne Pelée sur les conditions présidant à la production de la tridymite dans les roches volcaniques. *Ibid.* (56).

(1) Ces notes ou volumes sont numérotés à la suite de ceux constituant la liste bibliographique de mon livre de 1904; les dix mémoires parus ou consultés pendant l'impression de celui-ci et énumérés à sa page xxii ont été au préalable affectés des numéros 231 à 240. J'ai ajouté en outre quelques notes omises dans la précédente liste.

(2) Les renvois à ce livre seront faits sous la forme suivante : [p. 125].

- 257.** — LACROIX (A.). — Le sulfate de soude des fumerolles secondaires à haute température de la Montagne Pelée. *Ibid.* (60).
- 258.** — — Sur un cas curieux de formation de chlorure de sodium au cours de l'éruption de la Montagne Pelée. *Ibid.* (68).
- 259.** — — Le mode de formation d'un dôme volcanique et la cristallisation des roches éruptives quartzifères, d'après les observations faites au cours de l'éruption de la Montagne Pelée. *Revue gén. des Sciences*, 1905, XVI (301-315).
- 260.** — — Pompéi, Saint-Pierre, Ottajano. *Revue scient*, Paris, 1906, 20, 27 octobre et 3 novembre 1906.
- 261.** — — Contribution à l'étude des brèches et des conglomérats volcaniques (Antilles 1902-1903, Vésuve 1906). *Bull. Soc. géol. France*, VI, 1906 (635-685 + 4 pl.).
- 262.** — — Sur la constitution minéralogique du dôme récent de la Montagne Pelée. *Comptes Rendus*, CXLIV, 1907, 169.
- 263.** — PERNEY (L.). — Bulletin concernant le volcan. *Journal officiel de la Martinique*. 1905 (juin).
- 264.** — RUSSELL (Israël C.). — The Pelé obelisk once more. *Science*, XXI, 1905 (924-931).
- 265.** — SAPPER (Karl). — In den Vulcangebieten Mittelamerikas und Westindiens. Stuttgart, 1905, 1 vol. (23 cm.) (334 p. + 3 pl.).
- 266.** — — Ergebnisse der neueren Untersuchungen über die jüngsten mittelamerikanischen und westindischen Vulkanausbrüche. *Verhandl. XV. d. geographentages zu Danzig*, 1905 (102-134).
- 267.** — TOURBIEZ. — Bulletin concernant le volcan. *Journal officiel de la Martinique*, 1907 (à partir de juillet).
-

LA MONTAGNE PELÉE

APRÈS

SES ÉRUPTIONS

CHAPITRE PREMIER

LA FIN DE L'ÉRUPTION ET L'ÉTAT ACTUEL DE LA MONTAGNE PELÉE

§ I. — La fin de l'éruption.

L'histoire de l'éruption peut se diviser en trois phases, dans lesquelles l'intensité des phénomènes éruptifs a été en diminuant.

La *première phase*, celle de grande activité, a été essentiellement caractérisée par l'élargissement de la vieille caldeira de l'Étang Sec, par la rapide édification du dôme, et enfin par la production des grandes nuées ardentes destructrices. Le 8 et le 20 mai, ainsi que le 30 août 1902, elles ont couvert un vaste secteur, tandis que, le 26 mai, le 6 juin et le 9 juillet, elles sont restées plus ou moins localisées, dans la vallée de la Rivière Blanche.

La *seconde phase* a débuté au milieu d'octobre de la même année, après une période de repos d'un mois et demi. Ses caractéristiques ont résidé dans la continuation de l'accroissement du dôme par bourgeonnement et surtout dans la production, par extrusion intermittente, d'une grande aiguille, dont les incessants écroulements ont été en relation avec des nuées ardentes, encore fort importantes, plus répétées, mais moins violentes que celles de la première phase. Le trajet de ces nuées a toujours été limité à la vallée de la Rivière Blanche. L'activité du volcan a présenté plusieurs maxima, mais pas de grand paroxysme. Cette phase s'est terminée par l'écroulement progressif de l'aiguille, sans intervention de phénomènes explosifs; cet écroulement a été consommé avant la fin de la première quinzaine d'août 1903.

LA MONTAGNE PELÉE APRÈS SES ÉRUPTIONS.

A partir du 10 août, s'ouvre la *troisième phase* : le dôme augmente



Fig. 239 à 242. — Variations du dôme en novembre et décembre 1904 : 5 novembre (fig. 239),
3 décembre (fig. 240), 31 décembre (fig. 242).

ablement de hauteur, grâce à la production d'aiguilles successives, tou-

jours petites et à extrusion lente. Des bourgonnements se produisent aussi en différents points de la masse du dôme, accompagnés toujours de phénomènes d'incandescence. Une période d'activité assez grande occupe la fin du mois d'août et se termine brusquement le 23 septembre. Pendant

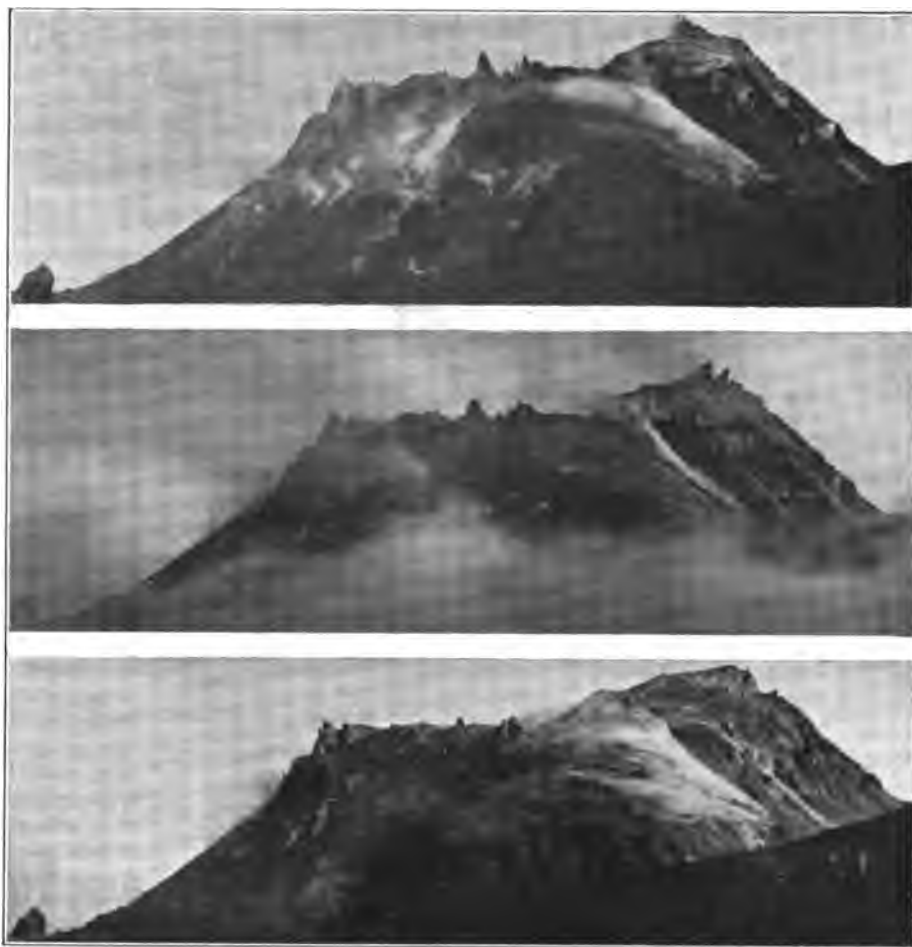


Fig. 243 à 245 (1). — Variations du dôme de janvier à avril 1905 : 16 janvier (fig. 243), 24 février (fig. 244), avril (fig. 245).

celle-ci, des nuées ardentes très répétées se succèdent, parfois au cours d'une même journée; les plus grandes se dirigent encore dans la vallée de la Rivière Blanche, mais d'autres, moins importantes, se déversent dans diverses directions.

(1) Les figures de ce volume sont numérotées à la suite de celles de *La Montagne Pelée et ses Éruptions*, afin d'éviter des complications inutiles dans les renvois.

Pour la comparaison avec la forme du dôme pendant le reste de l'année 1904, voir les figures 234 [p. 638] à 238 [p. 641].

Pendant toute l'année 1904, les manifestations volcaniques ont été extrêmement réduites, et limitées à un faible accroissement du sommet du dôme, avec phénomènes d'incandescence, et écroulements de blocs.

Lorsqu'a paru mon livre, en décembre 1904, une nouvelle période de légère activité venait de se terminer (fig. 239 à 242). Aucun phénomène remarquable ne s'est produit depuis lors; aussi me sera-t-il permis d'être très bref (1).

Une très petite nuée a été encore signalée le 12 décembre. Les figures 243 à 245, qui, comme les précédentes, sont des reproductions des dernières photographies faites de l'Observatoire par le capitaine Perney à l'aide d'un téléobjectif, représentent les minimales modifications de forme du sommet du dôme, qui ont continué à se manifester par le même mécanisme jusqu'au milieu d'avril 1905 : leur comparaison avec les figures 234 à 238 permet de constater que l'accroissement du dôme s'est fait de plus en plus à l'Est de l'emplacement de l'ancienne aiguille de 1902-1903 (Voir aussi les figures 263 à 265).

A la fin de mars 1905, une légère recrudescence s'est encore une fois manifestée; les écroulements de blocs, accompagnés de grondements, sont devenus plus nombreux, et quelques faibles nuées ardentes ont fait leur apparition; l'une d'elles, en avril, est même descendue jusqu'à moitié de la vallée de la Rivière Blanche. Du 13 au 28 avril, la petite aiguille, qui se formait alors, subit une élévation de 30 mètres, mais elle n'a pas tardé, comme celles qui l'avaient précédée, à s'écrouler à son tour. Peu à peu le calme est revenu.

Du 11 au 26 mai, quelques très faibles nuées ont été entrevues à travers les nuages, qui couvraient alors presque constamment la montagne; le capitaine Perney en a même signalé une, le 12, et une autre le 26, descendant à moitié de la Rivière Blanche; ce fut là le commencement de la dernière période d'activité.

Les dernières manifestations. — Dans les premiers jours de juin, des points lumineux et des écroulements de blocs sont constatés à la base de la faible portion du sommet du dôme où se manifestait encore un lent mouvement d'ascension très localisé. Quelques nuées ardentes, un peu plus

(1) Résumé du *Bulletin concernant le volcan*, par MM. Giraud, Perney, Guinoiseau, Tourbiez [244, 245, 263, 267].

importantes que celle d'avril, descendent lentement presque jusqu'à la mer, le 2 et le 3. Le 10, même phénomène ; une nuée verticale atteint 2 500 mètres ; des grondements et des éboulements ininterrompus au sommet sont signalés ; plusieurs fentes lumineuses apparaissent au-dessus du talus d'éboulis, se dirigeant vers la Rivière Blanche ; des vapeurs rousses s'en élèvent d'une façon continue, constituant un panache au-dessus de la montagne.

Le 11, de 7 heures à 7 h. 35 du matin, une épaisse nuée se déverse d'une façon presque ininterrompue dans la vallée de la Rivière Blanche et arrive jusqu'à la mer ; des vapeurs rousses s'échappent continuellement du sommet, puis, presque sans arrêt, de 11 heures du matin à 2 h. 15, de petites nuées descendent dans la vallée.

Il semble qu'une période de grande activité va s'ouvrir ; mais il n'en est rien. Ce fut la dernière manifestation notable du volcan.

Quelques petites poussées explosives sont encore observées les 17, 19, 26, 27 juin, le 2 juillet. Enfin une dernière, le 4 juillet, est descendue jusqu'à mi-chemin de la Rivière Blanche.

Pendant plusieurs mois encore, quelques points lumineux ont été vus au sommet du dôme et particulièrement au voisinage de la dernière aiguille ; ils furent observés pour la dernière fois le 30 octobre.

Depuis lors, les seuls phénomènes constatés ont consisté dans l'éroulement progressif des portions instables du dôme et dans les quelques fumeroles dont il va être question plus loin.

§ II. — Les tremblements de terre.

J'ai insisté antérieurement [p. 90] sur ce fait intéressant que les mouvements du sol n'ont joué qu'un rôle minuscule parmi les phénomènes accessoires de l'éruption. Aucune des très faibles secousses constatées en 1902 n'a coïncidé avec quelque manifestation importante du volcan, et il en a été de même pendant tout le reste de l'éruption.

Depuis l'organisation de l'Observatoire du Morne des Cadets, trois secousses seulement se sont produites en 1903 ; elles ont été assez faibles : je les ai signalées déjà [p. 91].

Je donne dans le tableau suivant le relevé de toutes les secousses enregistrées depuis lors par les deux pendules lourds de Bosch (de Strasbourg), qui ont été installés, l'un dans la direction du méridien, l'autre dans la

LA MONTAGNE PELÉE APRÈS SES ÉRUPTIONS.

DATES.	HEURES. (Long. Fort-de-France) — 4 h. 13' 39". Paris.	DIRECTION S U P P O S É E.	AMPLITUDE DU MOUVEMENT EN MILLIMÈTRES.
1904.			
23 mai	11 h. 45 m.	m.	?
25 —	9 h. 15	s.	N. S.
26 décembre..	9 h. 50	s.	?
1905.			
6 mars	10 h. 15	m.	3 secousses.
30 —	7 h. 42	s.	W. S. W.
5 avril	5 h. 19	s.	?
2 mai	6 h. 40	s.	?
14 juin	2 h. 5	s.	S. E.
18 septembre..	7 h. 16	s.	S. S. F.
1906.			
16 février	1 h. 37	s.	E. S. E. ?
—	2 h. 56	s.	?
—	5 h. 42	s.	?
17 —	0 h. 9	m.	?
—	0 h. 28	m.	?
—	3 h. 30	m.	?
—	11 h. 31	m.	?
18 —	6 h. 17	s.	E. S. E.
21 —	1 h. 25	m.	?
—	12 h. 14	m.	S. S. W.
—	8 h. 24	s.	?
1 ^{er} mars	4 h. 14	s.	S. S. W.
6 —	9 h. 45	m.	?
—	9 h. 36	20 s.	?
—	9 h. 44	45 s.	S. W.
15 —	9 h. 18	s.	?
20 —	11 h. 28	30 m.	S. S. W.
27 —	11 h. 15	s.	W. N. W.
18 avril (2)	9 h. 9	28 m.	?
—	9 h. 12	23 m.	W. S. W.
20 mai	4 h. 42	s.	?
21 —	6 h. 59	m.	W. N. W.
7 juin	11 h. 40	32 m.	W. S. W.
13 —	2 h. 52	s.	N. N. W.
25 —	1 h. 8	m.	W.
28 — (3)	0 h. 58	m.	N. N. W. ?
3 juillet	5 h. 43	40 s.	W. N. W. ?
11 —	5 h. 12	m.	W. N. W. ?
16 —	3 h. 56	30 s.	S. W.
21 —	6 h. 18	44 s.	N. W.
2 août	8 h. 14	s.	N. N. W.
—	8 h. 26	s.	?
—	8 h. 29	s.	N. N. W.
—	8 h. 39	s.	N. W.
—	10 h. 33	s.	N. N. W.
14 —	7 h. 30	15 s.	W. N. W.
19 — (4)	1 h. 1	8 s.	W. N. W.
20 —	3 h. 47	30 m.	N. N. W.
—	8 h. 36	28 m.	N. N. W.
—	8 h. 47	18 s.	?
—	8 h. 49	24 s.	W. N. W.
			E. W. = 72; N. S. > 26.
			Assez forte (1).
			Légère (1).
			Id. (1).
			Id. (1).
			Id. (1).
			Id. (1).
			E. W. = 3,5; N. S. = 3.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			E. W. = 14; N. S. = 17.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			E. W. = 3; N. S. = 6.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			Id.
			E. W. = 2; N. S. = 1,5.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			E. W. = 3,5; N. S. = 4.
			E. W. = 4; N. S. = 3,5.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			E. W. = 3,5; N. S. = 2,5.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			E. W. = 4; N. S. = 2,5.
			E. W. = 2,5; N. S. = 1,5.
			E. W. = 4,5; N. S. = 5.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			Assez sensible.
			E. W. = 2; N. S. = 1.
			E. W. = 5; N. S. = 2,5.
			E. W. = 1; N. S. = 1.
			E. W. = 5; N. S. = 3,5.
			E. W. = 8,5; N. S. = 6.
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			E. W. = 10; N. S. = 6.
			E. W. = 8; N. S. = 8.
			E. W. = 5,5; N. S. = 4.
			E. W. = 8,5; N. S. = 4,5.
			E. W. = 4,5; N. S. = 4.
			E. W. = 1,8; N. S. = 2.
			E. W. = 3,5; N. S. = 3,5
			Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
			E. W. = 4; N. S. = 3 (durée 44 s.).

(1) Ressentie à Fort-de-France: les appareils de l'Observatoire ne fonctionnaient plus.
(2) Le tremblement de terre destructeur de San-Francisco, a commencé à 5 h. 2 m. 23 s. m. (t. m. de San-Francisco), c'est-à-dire à 9 h. 7 m. 47 s. (t. m. de Fort-de-France), et a duré 1 m. 5 s.
(3) Non enregistrée à l'Observatoire, mais constatée par M. Guinoiseau à Basse-Pointe.
(4) Le tremblement de terre destructeur du Chili a eu lieu le 17 août.

LES TREMBLEMENTS DE TERRE.

DATES.	HEURES. (Long. Fort-de-France — 4 h. 13' 39". Paris.)	DIRECTION SUPPOSÉE.	AMPLITUDE DU MOUVEMENT EN MILLIMÈTRES.
1906.			
23 août.....	4 h. 48 ^m 40 ^s	N. E.	E. W. = 2,3; N. S. = 1,3.
29 —	7 h. 35 18 s.	?	Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
—	8 h. 38 48 s.	?	Id.
2 septembre..	8 h. 5 20 s.	W. N. W.	E. W. = 0,9; N. S. = 0,3.
7 —	4 h. 49 28 m.	N. N. E.	E. W. = 2; N. S. = 1,8.
17 —	10 h. 28 20 s.	E. S. E.	E. W. = 0,6; N. S. = 0,5.
—	10 h. 30 16 s.	E. N. E.	E. W. = 0,8; N. S. = 0,5.
—	10 h. 33 48 s.	E. N. E.	E. W. = 0,5; N. S. = 0,3.
—	11 h. 52 12 s.	S. S. E.	E. W. = 2,2; N. S. = 3.
21 —	2 h. 58 s.	N. N. W.	E. W. = 0,5; N. S. = 0,8.
26 —	3 h. 2 48 s.	N. E.	E. W. = 1; N. S. = 0,8.
27 —	0 h. 42 46 m.	E. N. E.	E. W. = 1; N. S. = 0,5.
—	5 h. 20 22 s.	?	Très légère, enregistrée sur un seul cylindre.
6 octobre....	9 h. 11 22 m.	E. S. E.	E. W. = 0,8; N. S. = 0,5.
—	9 h. 36 23 m.	?	E. W. = 0,4; enregistrée sur un cylindre.
21 —	10 h. 50 40 m.	E. S. E.	E. W. = 1,8; N. S. = 1.
9 novembre..	6 h. 4 20 s.	?	E. W. 0,8, enregistrée sur un cylindre.
—	7 h. 16 43 m.	W. N. W.	E. W. = 1,3; N. S. = 0,8.
24 —	1 h. 58 55 m.	?	E. W. = 0,4, enregistrée sur un cylindre.
3 décembre..	6 h. 52 29 s.	N. W.	E. W. = 36; N. S. = 29,5 (durée 3 m. 36 s.).
19 —	3 h. 42 16 s.	N. N. W.	E. W. = 0,5; N. S. = 0,5.
25 —	3 h. 16 48 m.	E. S. E.	E. W. = 1,7; N. S. = 1,5.
28 —	11 h. 18 33 s.	E. S. E.	E. W. = 0,7; N. S. = 0,5.
1907.			
6 janvier (1).	7 h. 23 50 m.	?	E. W. = 0,3, enregistrée sur un cylindre.
—	8 h. 21 44 m.	?	E. W. = 0,4, enregistrée sur un cylindre.
28 —	10 h. 25 m.	S. O.	E. W. = 0,8; N. S. = 0,5 (durée 7 s.).
1 ^{er} mars.....	8 h. 57 m.	S. S. E.	E. W. = 1,2; N. S. = 1,3 (durée 1 m.).
—	9 h. 15 m.	S. E.	?
6 —	6 h. 11 50 s.	N. W.	E. W. = 0,2; N. S. = 0,3 (durée 10 s.).
—	10 h. 4 48 s.	?	E. W. = 0,3, (durée 12 s.).
—	10 h. 7 17 s.	S. S. E.	E. W. = 1; N. S. = 0,5 (durée 44 s.).
—	10 h. 14 39 s.	S. E.	E. W. = 2,8; N. S. = 2,5 (durée 1 m. 20 s.).
—	11 h. 34 s.	?	N. S. = 0,5, enregistrée sur un cylindre.
7 —	0 h. 34 14 m.	?	E. W. = 0,3, Id.
—	0 h. 54 36 m.	?	E. W. = 0,2, Id.
—	6 h. 7 5 m.	?	E. W. = 0,3, Id.
8 —	1 h. 10 22 s.	N. E.	E. W. = 0,5; N. S. = 0,6 (durée 10 s.).
9 —	8 h. 47 s.	S. E.	E. W. = 2; N. S. = 1,5 (durée 22 s.).
11 —	8 h. 3 29 s.	S. S. E.	E. W. = 2,2; N. S. = 4 (durée 1 m. 10 s.).
24 —	5 h. 22 14 s.	S. S. E.	E. W. = 1,2; N. S. = 1,5 (durée 16 s.).
4 avril.....	3 h. 31 52 s.	N. E.	E. W. = 1,4; N. S. = 1 (durée 12 s.).
15 — (2)....	11 h. 14 40 m.	S. S. W.	E. W. = 0,8; N. S. = 1,4 (durée 12 s.).
25 —	1 h. 16 20 s.	E. N. E.	E. W. = 20,5; N. S. = 12 (durée 56 s.).
26 mai.....	9 h. 52 s.	E. S. E.	E. W. = 9,5; N. S. = 5,5 (durée 52 s.).
19 juin.....	1 h. 2 m.	W. S. W.	E. W. = 1,2; N. S. = 0,4 (durée 14 s.).
4 juillet.....	8 h. 54 s.	?	N. S. = 0,8, enregistrée sur un cylindre.
16 —	5 h. 22 s.	?	Très légère, enregistrée par le cylindre E. W.
17 —	0 h. 27 m.	?	Id.
—	1 h. 32 m.	?	Id.
22 août.....	7 h. 27 m.	N. S.	E. W. = 12; N. S. = 23 (durée 1 m. 30 s.).
27 —	11 h. s.	E. S. E.	E. W. = 11; N. S. = 7 (durée 40 s.).
6 septembre..	8 h. 43 m.	E. S. E.	E. W. = 9; N. S. = 3 (durée 1 m. 20 s.).
20 octobre (3).	5 h. 12 m.	E. N. E.	E. W. = 7; N. S. = 5 (durée 30 s.).

(1) Aucune secousse n'a été relevée le 14 janvier, date du tremblement de terre destructeur de la Jamaïque.
 (2) Le tremblement de terre du Mexique a eu lieu ce jour à 11 h. 34' s. (t. m. de Mexico).
 (3) Aucune secousse n'a été enregistrée jusqu'à la fin de l'année.

direction Est-Ouest. Ces nombres résultent des communications qui m'ont été faites par M. Guinoiseau et, depuis juillet 1907, par M. Tourbiez. Les petites différences que quelques-uns d'entre eux présentent avec ceux qui ont été publiés au *Journal Officiel* de la Colonie, au fur et à mesure de la production des phénomènes, sont dues à des rectifications que m'ont signalées ces observateurs.

On voit, d'après ces tableaux, que les secousses, peu nombreuses tant que le volcan a présenté des traces d'activité, se sont au contraire multipliées dès qu'il est entré dans une période de repos complet.

L'année 1906, qui a été signalée ailleurs par quelques grands séismes destructeurs, a été riche en mouvements du sol à la Martinique, puisque soixante-quatre secousses y ont été enregistrées : beaucoup d'entre elles ont été constatées sans le secours d'instruments. Elles ont débuté brusquement, le 16 février, par la plus forte d'entre elles. Ce tremblement de terre a été le plus violent de ceux qui ont été ressentis dans l'île, depuis le 11 janvier 1839, date à laquelle la ville de Fort-de-France a été détruite par un phénomène de ce genre. Une circonstance fâcheuse a rendu incomplète l'étude du phénomène à l'Observatoire du Morne des Cadets. Profitant d'une période de calme complet, son directeur s'était rendu le matin à Fort-de-France pour affaires administratives. Au moment du tremblement de terre, tandis que le cylindre Est-Ouest du pendule de Bosch a fourni une marche régulière, le cylindre Nord-Sud n'a enregistré qu'une partie du mouvement, sa plume sèche ayant été projetée au loin. En outre, les appareils qui étaient près du bout de leur course se sont brusquement arrêtés, de telle sorte que les secousses suivantes n'ont pu être notées. L'appareil Cecchi a enregistré en même temps une secousse verticale d'une amplitude de 35 millimètres ; il a montré que le phénomène a été précédé par de nombreuses trépidations.

D'après des renseignements, qui m'ont été fournis par l'Administration coloniale, les secousses de février ont été ressenties très violemment dans les îles situées au Sud de la Martinique, notamment à Saint-Vincent et à Sainte-Lucie et très légèrement, au contraire, dans celles situées au Nord, comme la Dominique et la Guadeloupe. Des dépêches communiquées par la même source, il résulte que deux fortes secousses ont eu lieu, dans la nuit du 28 février au 1^{er} mars (à 0 h. 20 et à 3 h. 15), secousses qui n'ont pas

été enregistrées à l'Observatoire du Morne des Cadets, où l'on a constaté un mouvement le même jour, à 4 h. 14 du soir.

Les dégâts occasionnés par le tremblement de terre du 16 février ont été assez considérables ; nombre de maisons de Fort-de-France ont été tellement ébranlées et lézardées que l'on a dû les démolir. La plupart des murs en maçonnerie de la ville ont été fissurés. Par contre, fait important à noter comme indication pratique pour l'avenir, les constructions mixtes, avec charpente métallique et maçonnerie de remplissage, sont restées intactes, ainsi que les constructions possédant une charpente de bois, avec revêtement de même nature (1).

Dans les communes autres que Fort-de-France, les dégâts ont été moins considérables, mais cela paraît dû seulement à ce que les constructions en maçonnerie y sont peu nombreuses. Au Gros Morne, l'église ; au Lorrain, l'hospice et le presbytère ; au Robert, l'un des murs de l'église et de l'école ; au François, à Saint-Ésprit, à Ducos, au Marigot, les immeubles communaux et les églises ont eu leurs murs plus ou moins lézardés.

On n'a pas eu à déplorer de mort d'homme, mais quelques accidents ont été signalés. A l'usine du Petit-Bourg (Ducos), un ouvrier a été brûlé par le renversement d'un récipient contenant du vésou (jus de canne) bouillant ; deux autres ont été blessés par l'effondrement d'un mur ; à la Trinité, un enfant a été atteint par la chute d'une brique.

Les autres secousses de 1906 ont été faibles, sauf celle du 3 décembre, dont l'amplitude Est-Ouest, a été la moitié de celle enregistrée le 16 février, sans cependant qu'on ait eu à constater aucun dommage.

Quant aux mouvements du sol enregistrés en 1907, ils ont été plus nombreux qu'intenses et parfois très faibles. Il est à noter, en terminant, que le tremblement de terre de la Jamaïque, du 14 janvier, malgré la proximité de cette île et de la Martinique, n'a pas été enregistré dans notre colonie.

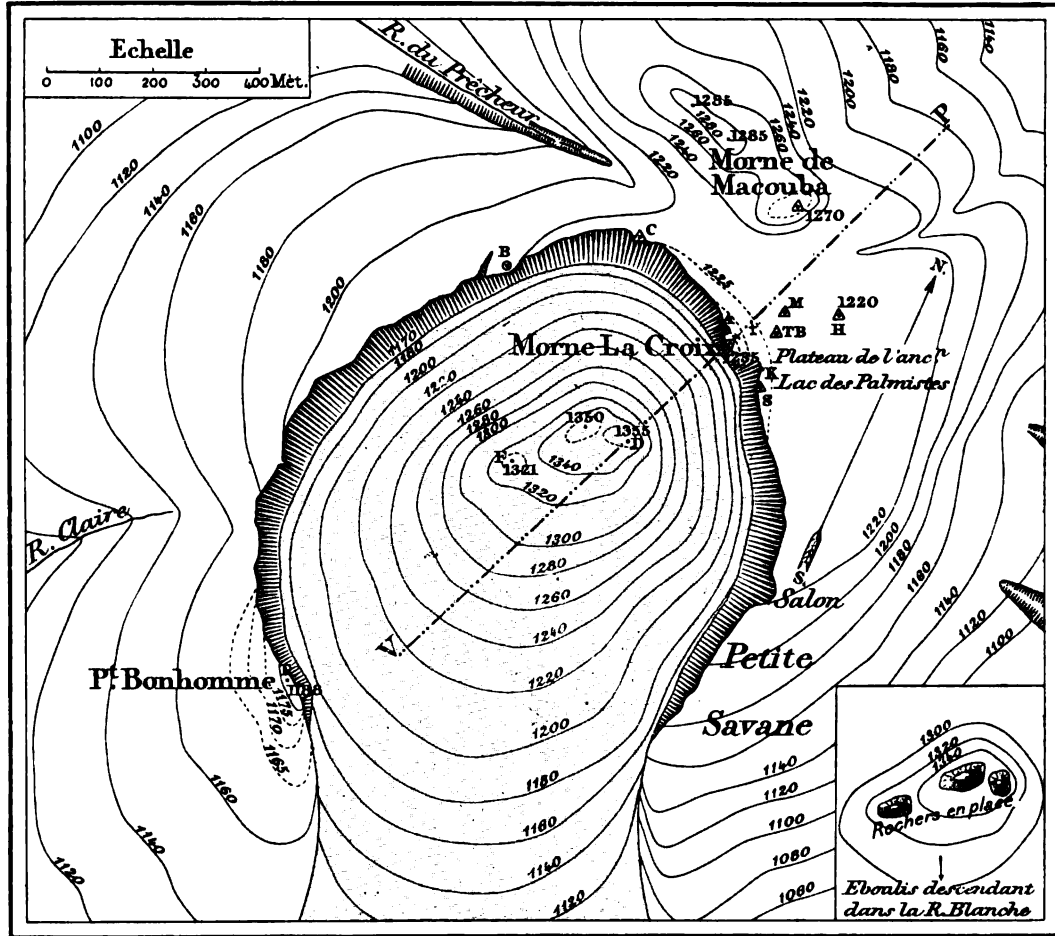
§ III. — La topographie actuelle de la vieille caldeira et du dôme.

L'esquisse topographique de la vieille caldeira et du dôme, en mars 1903, que j'ai donnée antérieurement [p. 120, fig. 29], n'était qu'une première approximation. L'état du volcan ne permettant pas alors de séjourner

(1) Rapport de M. Grimaud, directeur du Service des travaux publics, au Gouverneur.

Lacroix. — Montagne Pelée.

longtemps sur le sommet de la montagne, ni d'aborder directement le dôme, aucune mesure n'avait été possible, et seules des estimations au



Légende

M.H.T.B. C.D.B. Pierres marquées... S. Signal... M.e.T.B. 2 Pierres distantes de 36^m75.
M.T.B.K. Direction... M.K. 114 mètres... C. Situé à 2^m73 du bord du cratère

Profil suivant VP

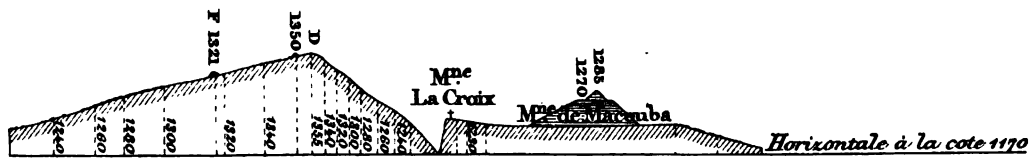


Fig. 246. — Carte de la caldeira et du dôme, levée par les lieutenants Bousquet et Tourbiez sous la direction du colonel Roulet. La lave récente a été ombrée.

juger, accompagnées de croquis et de photographies, avaient pu permettre d'établir la petite carte précitée.

Depuis lors, ces conditions étant changées, il devenait indispensable d'établir une topographie exacte du sommet de la montagne en vue de l'étude de modifications ultérieures possibles. M. le gouverneur Lepreux et M. le colonel Roulet, commandant supérieur des troupes des Antilles, ayant bien voulu s'intéresser à ces desiderata, MM. les lieutenants Bousquet et Tourbiez ont été chargés d'un lever au $\frac{1}{5000}$, qu'ils ont exécuté avec autant de dévouement que d'habileté (1). Je tiens à les en remercier vivement. J'en reproduis ici la réduction, à la même échelle que l'esquisse de 1903 : elle a été exécutée au Service géographique de l'armée, sous la direction du capitaine Perrier.

Ce nouveau document rectifie la forme que j'avais attribuée à la caldeira, dont l'allongement, dans la direction Nord-Sud, est plus grand que dans la direction Est-Ouest (2).

MM. Bousquet et Tourbiez ont bien voulu, en outre, reprendre minu-

(1) Les lieutenants Bousquet et Tourbiez ont dû séjourner sur le plateau de l'ancien Lac des Palmistes du 12 au 22 janvier; ils y sont restés enveloppés dans le brouillard, sauf pendant quelques éclaircies. Il est intéressant de noter les observations météorologiques faites pendant ces quelques jours, car ce sont les premières qui aient été effectuées à la Martinique à une semblable altitude. La température moyenne a été de 17°,5; le minimum (15°) a été observé à 5 heures du matin, le maximum (20°, sauf pendant deux jours où il a été de 22°) à 1 heure du soir. La hauteur barométrique moyenne a été de 660 millimètres, 5 à 6 heures du matin, de 622 millimètres à 10 heures du matin et de 659 millimètres à 4 heures du soir.

Les indications suivantes m'ont été adressées par ces officiers sur les repères qu'ils ont établis sur le terrain et qui pourront servir ultérieurement à suivre les variations des bords de la caldeira.

« Les points H, TB, M, C, B sont des pierres marquées sur le terrain des mêmes lettres que sur le plan. La pierre C est distante de 2^m,13 du bord du cratère suivant une normale à ce bord. La pierre B est distante de 3^m,20 dans les mêmes conditions.

Les pierres, M, TB donnent sur le terrain une direction qui coupe le bord du cratère au point K. La distance MK mesurée suivant cette direction est égale à 114 mètres.

Toutes ces distances ont été mesurées à la chaîne d'arpenteur.

Le point H a été choisi comme point de départ pour les cotes relatives du terrain. Il a été coté 1220 à l'aide de la moyenne des observations barométriques faites sur le plateau des Palmistes, où la tente des opérations était dressée.

Le dôme présente actuellement trois sommets, qui ont été cotés exactement à l'aide d'angles verticaux donnés par le théodolite et d'angles horizontaux donnés par le même instrument.

Les cotes du Morne La Croix, du morne de Macouba et du Petit-Bonhomme ont été calculées avec le même instrument.

Un profil passant par le sommet le plus élevé du dôme et par le Morne La Croix a été dressé à l'aide des courbes et de croquis pris du fond de la rainure, qui a une cote presque uniforme de 1170 mètres. »

(2) L'estimation (1020 mètres) de la distance séparant le Petit-Bonhomme du Morne La Croix, que nous avons faite à la suite de mesures effectuées de l'Observatoire, est voisine de la réalité (1050 mètres); c'est l'appréciation de la longueur Nord-Sud qui est fautive; elle avait été faite au juger au cours d'ascensions de la montagne généralement contrariées par le mauvais temps (Voir à ce sujet l'errata [p. 653], rectifiant deux fautes d'impression de la page [20]). Il faut remarquer d'ailleurs que la première mesure correspond à deux points extrêmes, qui n'ont pas varié depuis 1903, tandis que partout ailleurs les dimensions de la caldeira se sont allongées par suite de l'éboulement de ses parois.

tieusement un certain nombre d'altitudes, destinées à contrôler les miennes et à éclairer les contradictions que j'ai relevées [page 17] entre celles-ci et

les nombres fournis antérieurement.



Fig. 247. — Le sommet du dôme et, en avant, les restes du Morne La Croix (25 octobre 1906). Photographie prise du même point que celle reproduite par la planche VI. Constaté les grandes variations de forme survenues depuis mars 1903.

Ainsi qu'il était aisé de le prévoir, l'altitude donnée par Ch. Sainte-Claire Deville (1 245 et 1 246 mètres) pour le lac des Palmistes, avant l'éruption, est inexacte. Le nombre définitif pour le plateau rem-

blayé occupant la place de ce lac est de 1 220 mètres. Il est à noter, en outre,



Fig. 248. — Les restes du Morne La Croix et la rainure, avec, à droite, le pied de l'éboulis du dôme (1907). Le plan de cette figure est perpendiculaire à celui de la précédente.

que les nombres que j'ai donnés pour ce plateau, pour le sommet de ce qui reste du Morne La Croix et pour celui du Petit-Bonhomme, sont affectés d'une même erreur systématique de — 5 mètres. Les nombres nouveaux, certainement plus exacts que les miens, pris

dans des conditions défavorables, sont respectivement 1 220, 1 235 (1) et 1 188 mètres.

Depuis 1903, la caldeira s'est élargie et comblée progressivement par

(1) Ce nombre correspond à celui qui a été relevé en 1904 par M. Giraud.

les éboulements continuels de ses parois. Actuellement, le fond de la rainure possède une altitude presque uniforme de 1 170 mètres, ce qui donne pour la profondeur de la caldeira 65 mètres, comptés au pied du Morne La Croix et 50 mètres à partir du plateau des Palmistes. Ces nombres, mesurés au baromètre, correspondent, à 2 mètres près, à une mesure directe (52 mètres), effectuée antérieurement par M. Guinoiseau à l'aide d'un fil à plomb.

En ce qui concerne le dôme, la carte donnée plus haut (fig. 246), comparée à celle de 1903, met en évidence les changements considérables de forme, qui vont être discutés plus loin, et notamment le déplacement du sommet vers le Nord. J'ai commis une erreur sur la position du point marqué 1 380 dans le premier croquis et qui doit être reporté un peu plus au Nord ; sa place serait un peu au Sud-Ouest du point 1 321 de la figure 246. C'est l'éperon qui apparaît au-dessus du Petit-Bonhomme dans toutes les photographies du dôme données plus haut ou plus loin : il a seulement diminué peu à peu de hauteur ; l'estimation d'altitude effectuée en 1903 a dû être un peu trop élevée.

Il est intéressant de faire remarquer que le sommet de la lave récente, après avoir présenté une hauteur maxima de 1 620 mètres, quand, le 31 mai 1903, elle était surmontée d'une grande aiguille, est retombé à une altitude de 1 355, qui, sans doute, se modifiera peu maintenant ; elle n'est que d'environ 4 mètres supérieure à celle qui était attribuée au Morne La Croix avant l'éruption. Le sommet du dôme ne s'élève plus, à l'heure actuelle, qu'à 185 mètres au-dessus du fond de la rainure et à 120 mètres au-dessus



Fig. 249. — Fond de la rainure du côté Sud ; la Petite Savane est à gauche, le pied du dôme à droite ; au fond, la vallée de la Rivière Blanche (1907).

des restes du Morne La Croix, alors que, le 31 mai 1903, la pointe terminale de son aiguille se dressait à 550 mètres au-dessus du fond de la caldeira et dominait ainsi de 385 mètres les restes de l'ancien sommet de la montagne.

La figure 248 montre l'état de la rainure, au voisinage du Morne La Croix, au début de 1907 ; elle a été faite en tournant le dos au Morne de Macouba ; elle est par suite symétrique de la figure 10 [p. 80] : la comparaison de ces deux photographies permet de constater les progrès du comblement, faci-



Fig. 250. — Le Petit-Bonhomme, photographié de près. A droite, se voit la base de l'éboulis du dôme (1907).

lité par la continuation des éboulements du Morne La Croix : une série d'autres photographies, que je ne puis reproduire, faute de place, montre que celui-ci constitue bien les restes d'un dyke, limité de deux côtés par les tufs anciens. La constitution minéralogique et la structure d'échantillons recueillis à sa base, au fond de la rainure, ne diffèrent en rien de celles des échantillons détachés jadis de son sommet du côté du lac des Palmistes.

La figure 249 représente la partie de la rainure s'ouvrant sur l'échancrure en V, qui domine la vallée de la Rivière Blanche : elle a été faite par suite sur le prolongement de la figure 11 [p. 81], mais du fond de la rainure elle-même.

Enfin il me paraît intéressant de représenter le Petit-Bonhomme, vu de près (fig. 250). Ce piton, qui se voit sur tant de photographies de la Montagne reproduites dans mon livre de 1904, n'avait pu, lui aussi, jusqu'à ces derniers temps, être abordé.

Il est constitué par une andésite bulleuse, très riche en verre apparent ; celle-ci rappelle un peu la roche du Morne La Croix ; mais elle est

un peu plus cristalline. Dans quelques échantillons, se voient des sphérolites microscopiques peu biréfringents, analogues à ceux que j'ai décrits [p. 511] dans un bloc projeté, recueilli sur l'emplacement du lac des Palmistes. Cette observation rend quelque peu douteuse l'hypothèse que j'ai faite alors de l'attribution de cet échantillon au magma neuf.

§ IV. — L'état actuel des fumerolles.

1° Les fumerolles du dôme.

Pendant la durée de l'éruption, des fumerolles s'échappaient de toutes les fentes du dôme. Des bords du cratère et même de fort loin, on pouvait voir s'élever des unes des vapeurs bleuâtres et des autres des vapeurs blanches.

Actuellement, des fumerolles du même genre sont encore très vivantes; il est possible de constater de près que, de même que dans les fumerolles secondaires de 1902-1903, celles donnant des vapeurs bleuâtres sont les plus chaudes.



Fig. 251. — Les fumerolles au pied du dôme; rainure du côté Sud (1907).

Les unes et les autres fonctionnent avec une activité irrégulière, qui

n'est pas sans liaison avec les phénomènes atmosphériques (1). C'est ainsi, par exemple, que le *Bulletin du volcan* a signalé, le 16 juin 1906, un très grand accroissement de l'activité de ces fumerolles immédiatement après un orage suivi de fortes pluies.

Ces fumerolles sont surtout abondantes dans le fond de la rainure, à la

(1) Ces fumerolles sont le résultat du lent échappement des gaz mis en liberté par le refroidissement progressif du dôme. Leur activité n'a pas été influencée par les nombreux tremblements de terre de 1905-1907.

base du dôme, ainsi que sur ses flancs (1), (en particulier à son tiers inférieur) ; mais le point où elles sont le plus actives est situé près du sommet et parfois, quand le temps est très calme, les vapeurs s'élèvent verticalement au-dessus de celui-ci, formant un panache, qui pourrait donner l'illusion d'un commencement d'éruption (*Bulletin* du 11 septembre 1907). La plus grande partie des fumerolles à vapeur blanche possèdent actuellement une température voisine de 100° C. Il s'en dégage surtout de la vapeur d'eau, avec un peu d'hydrogène sulfuré.

Les enduits de l'orifice des fumerolles très actives du sommet sont constitués par du gypse imprégnant la roche opalisée, avec un peu d'alunogène et de sulfate d'ammonium : les sulfates alcalins et les sulfates d'alumine et de fer résultant de l'attaque de l'andésite doivent être éliminés par lavage au fur et à mesure de leur production.

L'examen des échantillons résultant de l'émission spontanée du dôme montre que ces fumerolles ont été antérieurement plus généralisées encore qu'elles ne le sont actuellement. Souvent, en effet, ces fragments d'andésite sont superficiellement altérés (Voir page 52).

Les fissures d'où s'échappent les fumerolles à vapeurs bleuâtres du sommet, dont M. Guinoiseau estime la température à plus de 380° C. sont rubéfiées, mais ne sont pas recouvertes d'enduits cristallins, au moins importants. Il n'existe plus de fumerolles fournissant des chlorures alcalins. L'existence antérieure de ceux-ci dans les fumerolles les plus chaudes est cependant certaine, car, en lavant à l'eau distillée des échantillons recueillis en place, j'ai extrait de beaucoup d'entre eux un peu de chlorures de sodium, d'ammonium et de gypse (2).

Les fentes de plusieurs échantillons sont parsemées de très petites lamelles d'hématite : la présence de ce minéral indique l'action d'anciennes fumerolles à chlorure de fer, qui n'ont pas été constatées en état de fonctionnement.

(1) Le lieutenant Tourbiez m'a signalé l'existence, sur le flanc Sud-Est du dôme (et au tiers inférieur de sa hauteur), d'un gros rocher creusé en forme de niche : la cavité ainsi limitée est tapissée par d'épaisses sublimations de soufre fournies par une fumerolle encore très active en janvier 1907.

(2) J'ai montré [p. 193] que les cendres des paroxysmes contenaient toujours une quantité notable de chlorure de sodium et de sulfate de calcium : le nouvel examen que je viens d'en faire m'a permis d'y constater en outre l'existence d'une petite quantité de chlorure d'ammonium, que je n'y avais pas encore signalé.

Le cycle habituel des fumerolles a donc été réalisé à la Montagne Pelée bien que l'on n'ait pu en vérifier directement tous les termes.

2° *Les fumerolles de la caldeira.*

Un champ de fumerolles actives se trouve sur la paroi nord de la caldeira dans les tufs anciens. Leur température, en mai 1907, était de 90° C. en moyenne. Elles fournissent du gypse et de jolis cristaux de soufre, semblables à ceux de la Soufrière de la Guadeloupe.

3° *Les fumerolles périphériques.*

J'ai montré [p. 389] la grande importance qu'ont jouée les fumerolles secondaires, s'élevant des brèches de nuées ardentes et résultant du refroidissement, spontané ou accéléré par la pluie, de matériaux arrachés au dôme, alors qu'ils possédaient une très haute température. J'ai discuté, en outre [p. 84], les raisons qui me faisaient douter de l'existence, en dehors du cratère, de véritables fumerolles s'élevant de fissures du sol.

La seule façon de régler définitivement cette question était d'attendre que l'érosion ait entamé les brèches de nuées ardentes, mis à vif le vieux sol et de chercher alors si ces fumerolles persistaient ou non.

Il y a lieu de faire remarquer tout d'abord que, depuis longtemps, les fumerolles du littoral ont cessé de fonctionner ; mais, chaque fois que, dans les dernières périodes de faible suractivité du volcan, dont il a été parlé plus haut, des nuées ardentes ont parcouru à nouveau la vallée de la Rivière Blanche, la production de grandes bouffées de vapeur, visibles de loin, a été constatée dans celle-ci après de fortes pluies ; elles n'ont fonctionné d'ailleurs que pendant quelques quarts d'heure ou quelques heures. C'est ce qui a eu lieu le 17 juin et le 12 juillet 1905 dans les parties hautes et basses de la vallée ; le 17, le 28, le 31 août, puis le 30 octobre encore, le même phénomène a été revu, mais seulement dans la haute vallée ; ces dégagements de vapeurs étaient dus à l'action de l'eau pluviale dégradant les brèches de matériaux récents.

Pendant longtemps, les éboulements ou ravinements produits dans les Rivières Blanche et Sèche ont mis à découvert de petites fumerolles (fig. 291), d'où ne se dégageait que de l'air chaud.

Il subsiste encore dans la haute vallée de la Rivière Blanche et dans celle de la Rivière Claire (1) (au voisinage de leur confluent), un champ de fumerolles actives, ne donnant que des vapeurs légères. Leur température est donnée dans le tableau ci-contre ; la plus chaude se trouve dans la vallée de la Rivière Blanche, à peu près vis-à-vis le Morne Lénard et près du pied du talus d'éboulis descendant du dôme.

1905	1 ^{er} septembre.....	100° C.	140° C.	180° C.	210° C.	»
—	23 —	100	140	180	196	»
—	12 novembre.....	100	135	180	190	»
—	22 décembre.....	100	135	140	199	»
1906	24 janvier.....	100	154	167	195	»
—	23 février.....	99	102	102	187	»
—	20 mars	99	100	135	189	»
—	21 avril.....	99	101	134	190	»
—	23 mai.....	99	169	215	167	»
—	23 juin.....	99	195	109	159	»
—	6 septembre.....	99	155	218	180	»
—	18 octobre.....	99	126	219	209	305° C.
—	23 décembre.....	99	145	240	155	349
1907	16 mars	99	138	236	193	359
—	5 juillet.....	99	86	158	210	358
—	1 ^{er} octobre.....	102	91	138	202	360
—	20 décembre.....	99	85	147	250	342
1908	23 mars.....	97	85	110	125	305

Ce sont ces fumerolles, dont il y a lieu de discuter l'origine, profonde ou superficielle. En faveur de l'origine profonde, on peut faire valoir leur orientation assez régulière suivant une ligne se dirigeant vers le cratère et le fait que les plus chaudes sont les plus rapprochées de celui-ci.

Mais, d'autre part, toutes ces fumerolles, sans exception, s'élèvent de brèches récentes, appliquées sur le flanc de ces vallées, près de leur thalweg (fig. 252) ; elles ressemblent donc étrangement par leur disposition aux véritables fumerolles secondaires, bien que l'on puisse s'étonner que ces matériaux volcaniques ne soient pas encore entièrement refroidis. Il est vrai qu'on peut objecter qu'ayant été accumulés dans le thalweg des vallées, ils recouvrent peut-être des fissures du sol parallèles à celles-ci. Mais le vieux sol a été aujourd'hui mis à nu dans ces mêmes vallées sur un si grand nombre de points qu'il serait bien extraordinaire que ces fissures n'aient été déblayées nulle part, si elles existent réellement.

D'autre part, il ne se dégage plus guère actuellement de ces fumerolles,

que de l'air chaud ou, après les pluies, de la vapeur d'eau (1). Cette absence de minéralisation ne s'expliquerait guère dans l'hypothèse de fumerolles d'origine profonde ; on a vu en effet plus haut ce qui se passe à l'émergence des fumerolles de la caldeira et du dôme, qui, à température égale ou inférieure, fournissent d'importantes sublimations de soufre. Ce défaut de produits sublimés s'explique au contraire dans l'hypothèse de fumerolles sans racines, ne pouvant fournir qu'une quantité limitée de produits volatils, depuis longtemps épuisée.

Mais d'autre part, si ces fumerolles sont d'origine secondaire, leur température devrait aller en diminuant avec le temps d'une façon continue ; or le tableau donné plus haut



Fig. 232. — Fumerolle s'élevant des brèches de nuées ardentes, plaquées contre les tufs anciens. Rivière Claire (1907).

montre de grandes irrégularités. Pour interpréter ces nombres, il est nécessaire de ne pas perdre de vue les conditions dans lesquelles ils ont été relevés. Les fumerolles observées sont toujours celles de la même région, mais de temps en temps, et surtout sous l'influence des pluies, il se produit des éboulements dans les talus des brèches récentes d'où elles émergent. Leur orifice est ainsi souvent obturé ; elles se frayent alors un nouveau passage à travers la masse et réapparaissent en de nouveaux points, plus ou moins éloignés des anciens. Par suite, les mesures ne sont pas toujours prises rigoureusement dans le même trou : les nombres qui en résultent n'ont donc pas de valeur absolue ; ils doivent être considérés

(1) Les échantillons recueillis à l'orifice de ces fumerolles ne contiennent plus que du gypse et des traces de sulfate d'aluminium, imprégnant de l'opale pulvérulente.

Au moment du tirage de cette feuille, j'ai reçu de M. Dublanq Laborde des efflorescences recueillies par lui entre les Rivières Blanche et Sèche, en un point qui me semble être celui où, en 1903, il existait d'abondantes fumerolles [p. 425] ; ces efflorescences consistent en chlorure de sodium (petites trémies cubiques) presque pur. Il me paraît vraisemblable que cette substance provient de la concentration de l'eau de lavage des matériaux récents, qui en contiennent encore des traces.

seulement comme une preuve de la haute température que possèdent les matériaux qui nous occupent.

Quant à la disposition linéaire des fumerolles, peut-être n'a-t-elle pas une importance décisive, puisqu'elle peut n'être qu'une conséquence de la disposition topographique des brèches récentes.

En présence de ces faits contradictoires, il paraît prudent d'attendre pour conclure définitivement que l'érosion ait eu raison de la trentaine de mètres de matériaux nouveaux d'où s'élèvent les fumerolles en question.

Nuages de poussière. — En terminant, je signalerai la reproduction d'un fait qui n'était pas rare au début de l'éruption, non seulement sur la côte, mais encore dans les vallées des Pères, de la Roxelane [p. 433], et qui a parfois donné lieu à de fausses interprétations. Le 14 février 1907, un vent particulièrement violent a déterminé de grands éboulements dans les falaises de la basse vallée de la Rivière Blanche, constituées par des matériaux récents ; il s'est formé ainsi d'épais tourbillons de poussière, qui ont été entraînés à plus d'un demi-mille au large, donnant de loin l'illusion de fumerolles en activité sur le bord de la mer.

Au cours de la récente éruption du Vésuve, j'ai étudié de près (1) un phénomène assez fréquent sur les flancs du volcan et sur les bords du cratère, partout où était accumulée de la cendre fine, mobile. Je veux parler de *trombes*, en miniature. Elles avaient la forme classique : évasées à leur partie supérieure, elles se terminaient en bas par un pédoncule grêle touchant le sol. Elles étaient animées d'un mouvement giratoire très rapide, en même temps que d'un mouvement de translation assez lent.

Je n'ai rien observé à la Martinique qui fût strictement identique à ce qui vient d'être décrit, mais peut-être faut-il expliquer par un phénomène de ce genre les nuages de poussière que j'ai vus à plusieurs reprises s'élever du voisinage du Coffre à Mort, mais en des points variables [p. 85]. Malheureusement ces observations ont manqué de précision, car elles ont été faites de trop loin (de l'Observatoire). Comme je n'ai pu trouver dans la région considérée aucune fumerolle, j'ai considéré ces traînées légères comme résultant d'éboulements de cendres récentes. Or dans cette partie de la côte, la fine poussière enlevée par le vent aux nuées ardentes s'accumulait en grande quantité ; elle se trouvait donc dans un état physique

(1) L'éruption du Vésuve en 1906 (*Revue génér. sciences*, 3 octobre 1906).

(ténuité et température) favorable à la production de ces mouvements tourbillonnaires ascendants dont l'étude était si facile au Vésuve; aussi n'est-il pas téméraire de penser que la même cause a pu déterminer les mêmes effets à la Martinique.

§ V. — Les résultats actuels de l'érosion.

Les nombreuses photographies que M. Guinoiseau a faites en diverses régions de la Montagne Pelée, dans le but de fixer les progrès de l'érosion,



Fig. 253. — L'érosion dans la vallée de la Rivière Claire. Les dépôts récents de la partie droite de la figure renferment encore des fumerolles chaudes (1907).

ne mettent en évidence aucun fait différent de ceux que j'ai longuement exposés antérieurement (1).

(1) La figure 247, comparée à celles de la planche VI, montre que le plateau du lac des Palmistes n'a pas changé d'aspect depuis 1903.

M. Guinoiseau m'a remis un échantillon recueilli en ce point et qui avait frappé son attention par sa dissemblance avec les roches voisines. Il s'agit d'un fragment d'*albatre gypseux*, percé d'un trou, qui a certainement été taillé, mais a perdu sa forme par dissolution superficielle. Il est probable que c'est un fragment de statuette provenant de la chapelle minuscule, qui, avant l'éruption, se trouvait sur le plateau, du côté de Macouba [Voir fig. 2, p. 17]; il a dû être mis à nu par le ravinement des produits des projections récentes.

Sur les flancs même de la montagne, les eaux de ruissellement ont continué



Fig. 254. — L'érosion dans la vallée de la Rivière Claire. Alternance de dépôts de nuées ardentes et de torrents boueux plaqués contre les tufs anciens.

à entraîner tous les matériaux meubles, fins ou menus, ne laissant sur les arêtes que les gros fragments et les blocs de grande taille. Peu à peu, les petites dépressions se recreusent, et la topographie ancienne réapparaît avec ses traits caractéristiques.

Dans les vallées, l'érosion a souvent atteint déjà le vieux sol, laissant seulement sur leur flanc un placage plus ou moins épais de matériaux récents.

La figure 253, représentant la mi-vallée de la Rivière

Claire, fournit un exemple typique de ce cas ; la plus chaude des fume-



Fig. 255. — Effet de l'érosion sur les brèches de nuées ardentes (lit de la Rivière Blanche) (1907).

rolles, dont il a été question plus haut, se trouve à la limite droite de la figure, en haut du talus de brèches récentes.

Dans la vallée de la Rivière Blanche, où a été accumulée la plus grande quantité de matériaux de fortes dimensions, l'érosion suit naturellement une marche plus

capricieuse. Le lit nouveau se creuse d'une façon irrégulière, en se maintenant toutefois dans la portion Sud-Est de l'ancienne vallée. La disparition des éléments fins ou de faibles dimensions laisse le nouveau thalweg encombré par une accumulation de blocs énormes, qui constituera à tout jamais le trait essentiellement caractéristique de cette vallée (fig. 255).



Fig. 256. — Les atterrissements récents du port de Basse-Pointe (1907) à comparer à la figure 1 de la planche XX.

Les photographies de la côte occidentale, du Prêcheur à

Saint-Pierre, montrent que, là aussi, l'érosion marine a suivi la même marche qu'antérieurement. Depuis quatre ans, les falaises qui la bordent se sont assez peu modifiées pour qu'il m'ait paru inutile d'en donner ici de nouvelles photographies.

Sur la côte orientale, les atterrissements qui ont ensablé le port de Basse-Pointe et formé une bordure côtière entre cette petite ville et Grand'Rivière n'ont malheureusement pas subi de changements notables; il est facile de s'en assurer en comparant la figure 256 (photographie faite en mai 1907) avec la figure 1 de la planche XX (photographie datant d'octobre 1903).

§ VI. — L'état actuel de la zone dévastée par les éruptions.

La végétation. — Actuellement, la végétation a repris possession de la plus grande partie de la zone dévastée par les éruptions.

Seuls sont restés absolument dépourvus de toute verdure le sommet de la Montagne Pelée, à partir de l'altitude de 800 mètres environ, et la portion de ses flancs occidental et méridional, comprise entre deux droites, allant du sommet à la mer, en passant, l'une par la Grande Savane et le Prêcheur,

l'autre par la croupe qui sépare la Rivière Sèche de la Rivière des Pères (1). Partout ailleurs, les herbes, les arbustes et, à une distance plus grande du volcan, les arbres ont repoussé avec vigueur sur le sol en partie débarrassé par l'érosion des matériaux de l'éruption. L'industrie de l'élevage est en pleine activité sur la montagne ; certains propriétaires y ont de 3 à 4 000 têtes de bétail, et les éleveurs qui en possèdent un millier sont encore nombreux.

Les ruines de Saint-Pierre en particulier sont envahies par une végétation



Fig. 257. — Végétation arborescente nouvelle sur l'emplacement de l'ancien jardin botanique de Saint-Pierre. A comparer à la figure 126 [p. 285].

touffue, dans laquelle domine l'herbe de Para ou de Guinée (*Pnicum altissimum*, Villars), le ricin, etc. ; tout le haut des quartiers du centre et du Mouillage ainsi que celui du Fort et la plaine de la Consolation constituent de vastes savanes, où paissent de nombreux troupeaux.

La figure 257, choisie comme exemple pour la banlieue de Saint-Pierre, montre qu'une végétation arborescente déjà importante a repris possession du Jardin botanique, si parfaitement anéanti le 8 mai. Le cheval visible sur le bord inférieur de cette photographie se trouve exactement sur l'emplacement du petit bassin que l'on peut remarquer au milieu de la figure 126 [p. 285], faite peu après l'éruption.

Extérieurement à la zone de grande dévastation, depuis longtemps les effets de l'éruption sur la végétation sont à peu près effacés.

La population. — Je dois à M. Vasselle et à M. le Gouverneur Lepreux la communication des renseignements officiels suivants au sujet du repeuplement de la région affectée par l'éruption.

(1) Pour la compréhension de ce paragraphe, voir la carte de la page [223].

Le dernier recensement de la population de la Martinique, datant du 15 janvier 1907, a donné le chiffre de 182 024 habitants, en diminution de 24 987 sur l'évaluation de 1902.

Cette différence ne doit pas être considérée comme indiquant exactement le nombre des victimes de 1902. Depuis le sinistre, en effet, les naissances ont comme par le passé, continué à être en excédent sur les décès ; de 1894 à 1901, par exemple, la

population s'est accrue annuellement de 2 296 unités.

En prenant ces données comme base de calcul, on trouve que le nombre des victimes de l'éruption aurait

été d'environ 31 000 ; mais il est trop fort, car il faut

faire entrer en ligne de compte le mouvement d'émigration qui s'est produit après la catastrophe. On est ainsi conduit à admettre un chiffre voisin de 29 000, qui est celui auquel je m'étais arrêté [p. 306], en m'appuyant sur d'autres considérations.

Aussitôt après les éruptions de 1902, les communes du Sud de l'île ont profité de l'exode des habitants de la région du Nord évacuée ; ceux-ci se sont disséminés dans les villes ou dans de nouveaux centres d'habitation.

La population de Fort-de-France s'est élevée de 22 164 à 25 409 habitants.

—	Schœlcher	—	1 739 à 4 568	—
—	Rivière-Pilote	—	7 956 à 9 009	—
—	Lamentin	—	10 928 à 13 810	—

Mais, dès que le volcan a cessé d'être en état de violente activité, déjà pendant mon séjour à la Martinique en 1903, et *a fortiori* depuis, la population a été poussée par une tendance invincible à retourner peu à peu sur quelques-uns des territoires évacués. Malgré les conseils de prudence et les facilités accordées par l'Administration locale aux sinistrés pour habiter



Fig. 258. — La végétation dans la vallée de la Roxelane, à Saint-Pierre (1907). Les ruines à gauche sont celles des maisons du quartier du Fort. A comparer à la figure 98 [p. 243].

dans le Sud (concession de terrains, construction de cases, etc.), la réoccupation de la région Nord de l'île s'est effectuée très rapidement. C'est ainsi qu'au recensement du 15 janvier 1905 on a constaté les chiffres suivants :

	1906.		Population en 1902.
Basse-Pointe.....	2 280 habitants.		4 076
Macouba.....	1 178 —		1 536
Grand'Rivière.....	1 037 —		1 508
Ajoupa-Bouillon.....	1 218 —		1 871
Le Lorrain.....	5 915 —		6 605
Le Marigot.....	2 470 —		2 094
Fonds Saint-Denis.....	1 366 —		1 460
Le Carbet.....	5 209 —		5 908
Case-Pilote.....	3 074 —		2 986

Depuis cette époque, la population n'a pas beaucoup varié dans ces diverses communes. Mais la récente réorganisation administrative de celles-ci



Fig. 259. — La végétation dans la partie méridionale de la rue Victor-Hugo, avant le déblaiement définitif de 1907.

va achever certainement d'y rétablir l'ancienne activité, surtout lorsque les communications auront été rendues plus faciles par la réfection des routes, fort maltraitées par les phénomènes torrentiels de 1902-1903.

Cependant, pour quelques-unes de ces communes, les conditions économiques resteront

bien changées, et, parmi celles-ci, il faut noter en particulier l'ensablement du port de Basse-Pointe, qui persiste, ainsi que la disparition de leur débouché naturel pour tous les villages voisins de Saint-Pierre, dans lesquels jadis les cultures vivrières étaient des plus florissantes ; c'est ainsi que les habitants de Fonds Saint-Denis sont obligés d'écouler leurs légumes

à Fort-de-France.

A côté de cette portion de la zone dévastée, dans laquelle les blessures ont été peu à peu cicatrisées, il reste une vaste surface, s'étendant de Saint-Pierre au Prêcheur, qui est toujours déserte. Le bourg même du Prêcheur continue à être abandonné ;

mais plusieurs centaines de pêcheurs se sont installés un peu plus au Nord, aux Aymes.

Quant à l'emplacement même de Saint-Pierre, il était resté jusqu'ici inoccupé. Mais, depuis peu, la rue Victor-Hugo a été déblayée et raccordée avec la route du Nord, remise elle-même en état, ce qui rétablit la communication

avec Basse-Pointe et le reste du Nord de

l'île, par le Morne-Rouge (1) et l'Ajoupa-Bouillon ; cette mesure a été complétée par la construction d'un appontement, qui va permettre aux bateaux de Fort-de-France de venir jusqu'à Saint-Pierre. Plus récemment



Fig. 260. — La sortie de Saint-Pierre sur la route du Carbet, en mai 1907.



Fig. 261. — Le déblaiement de la partie septentrionale de la rue Victor-Hugo, en avril 1907 (Phot. Leboullanger).

(1) Le bourg même du Morne-Rouge et ses environs immédiats (Champ-Flore, Fond-Rose, Camp-Chazeau) commencent à se repeupler ; l'élevage y est prospère.

encore, les principales rues de la ville ont été aussi déblayées (1) ; les chaussées, les trottoirs et les canalisations ont été trouvés dans un état relativement bon. Un poste de police a été installé. Enfin un hôtel a été construit le long de la rue Victor-Hugo (ancien quartier du Centre).



Fig. 262. — La végétation dans les ruines de Saint-Pierre; la rue Victor-Hugo est déblayée. A comparer à la figure 95 [p. 233] (Phot. Leboullanger, avril 1907).

Ces mesures détermineront probablement la formation, à Saint-Pierre, d'un nouveau centre de population. L'exemple de ce qui s'est passé depuis la grande éruption sur les flancs Nord-Est et Est de la Montagne Pelée, l'histoire des villes et des villages détruits, puis reconstruits sur place, dans tant d'autres

régions ravagées par des phénomènes naturels et en particulier par des phénomènes volcaniques, sont là, en effet, pour montrer la force irrésistible de l'attraction du sol natal, en dépit de dangers toujours menaçants. Il est bien vraisemblable que ce serait déjà un fait accompli à Saint-Pierre, si la plupart des propriétaires immédiats du sol n'avaient disparu dans la catastrophe du 8 mai.

Si la vie se réinstalle peu à peu dans cette région, même d'une façon incomplète, il est à souhaiter que tous les détails de l'histoire du terrible passé ne soient pas trop vite oubliés, — que le dangereux voisin continue à être surveillé de très près et que des voies d'évacuation facile soient établies, — puis soigneusement entretenues.

(1) De nombreux squelettes ont été trouvés dans les rues, notamment dans celle de la Madeleine.

CHAPITRE II

LE DÔME SA STRUCTURE, LES ROCHES QUI LE CONSTITUENT

La production d'un dôme constitue le fait géologique capital de l'éruption, puisqu'elle a permis pour la première fois de recueillir des notions précises sur le mode d'édification de ce type de montagne, si fréquent dans les régions volcaniques, dont l'activité est éteinte, mais qui jusqu'alors ne s'était jamais réalisé sous l'œil conscient d'un géologue.

La composition minéralogique de la lave de l'éruption récente a augmenté encore, si possible, l'intérêt de cette étude, puisque, pour la première fois aussi au cours d'une éruption, on a pu assister à la formation d'une roche quartzifère.

J'ai exposé antérieurement et en détail [chap. III, p. 108] les diverses phases du phénomène, telles qu'ont permis de les établir des observations à distance, poursuivies heure par heure, pendant de longs mois; j'en ai proposé une explication rationnelle, et j'ai cherché, en outre, à me faire une opinion sur ce que pouvait être la structure intime du dôme ainsi construit. Malheureusement, je n'ai pu aborder qu'indirectement ce dernier côté de la question; pendant toute la durée de mon séjour à la Martinique, en effet, il a été impossible de parvenir jusqu'à la lave récente, siège d'une activité trop violente: elle était protégée d'ailleurs contre ma curiosité par des obstacles topographiques alors infranchissables. J'ai donc dû me contenter de chercher à lier les diverses manifestations, dont ce dôme était le siège, aux particularités de composition et de structure de celles des roches le constituant, qui arrivaient à ma portée grâce aux nuées ardentes ou à des éboulements tranquilles.

Au moment de l'apparition de mon livre (décembre 1904), ces conditions, pour être moins défavorables, étaient encore prohibitives.

Depuis lors, la cessation de tout phénomène violent a permis non seulement de descendre dans la rainure de la vieille caldeira, mais encore de gravir les pentes abruptes du dôme lui-même. M. Guinoiseau a bien voulu, avec le plus grand dévouement, se prêter à la minutieuse réalisation du programme que je lui ai fixé et qu'il a poursuivi pendant deux années consécutives, chaque fois que cela a été possible ; on sait combien l'état météorologique rend difficiles, en tout temps, les observations au sommet de la Montagne Pelée et combien il faut faire d'ascensions infructueuses avant de trouver des conditions satisfaisantes pour ce genre de travail.

Ce programme a consisté à toucher successivement tous les rochers en place dans le dôme et à recueillir sur chacun d'eux un grand nombre d'échantillons, soigneusement repérés (1). Les variations de composition minéralogique de l'andésite récente n'ayant généralement qu'un minime retentissement sur son aspect extérieur et ne pouvant être déterminées que par l'étude microscopique, le prélèvement des échantillons a échappé à l'influence de toute idée théorique préconçue.

Ces roches m'ont été envoyées à la suite de chaque ascension de la montagne, et, après leur étude dans le laboratoire, j'ai fréquemment prié M. Guinoiseau de recueillir des échantillons plus nombreux sur les points, qui me paraissaient particulièrement intéressants, ou bien encore j'ai appelé son attention sur des recherches de détail dont la nécessité m'était suggérée par le travail en cours d'exécution. Enfin une dernière vérification m'a paru désirable ; elle a consisté à faire prélever une nombreuse série d'échantillons sur le pourtour du dôme et en particulier dans la rainure de la caldeira, à la surface des éboulis descendant de tous les rochers en place. Cette nouvelle collection m'a fourni, d'une part, des spécimens provenant de points du dôme n'ayant pu être abordés à cause de difficultés topographiques et, d'une autre, un contrôle au sujet des échantillons prélevés *in situ*.

Bien qu'il eût été préférable que je puisse effectuer moi-même ces observations sur place, je pense que le soin et les précautions de contrôle qui ont présidé à la réunion des documents qui vont être étudiés sont suffisants pour me permettre des conclusions définitives.

(1) Depuis le début de ces recherches sur le terrain, un assez grand nombre des rochers échantillonnés ont été recouverts par des éboulis, ainsi qu'en témoignent les renseignements fournis par les lieutenants Bousquet et Tourbiez au cours de cette mise en pages.

§ I. — Mécanisme de la formation du dôme.

Je me suis attaché [page 132] à montrer que le dôme s'est formé par deux mécanismes distincts : 1° émission du magma à l'état visqueux ; 2° extrusion à l'état solide. Depuis lors, la fin de l'activité éruptive a fourni des faits intéressants, qui permettent de compléter cette discussion et de revenir en arrière pour interpréter certains faits obscurs du commencement de l'éruption. Dans ce qui va suivre, je laisserai de côté toutes les questions de détail, que j'ai longuement exposées antérieurement pour ne m'attacher qu'aux faits importants.

Les débuts du dôme ne peuvent être retracés que par analogie, les observations précises à ce sujet ne datant en réalité que d'octobre 1902.

Après le débouchage du canal souterrain, le magma fondu a envahi le fond de l'Étang Sec, arrivant par une ou plusieurs ouvertures, d'où ne s'étaient jusqu'alors dégagées que de la vapeur d'eau et des cendres.

En raison de sa grande viscosité et des conditions topographiques du fond de la caldeira, la lave s'est trouvée dans l'impossibilité de s'écouler au dehors ; elle s'est donc accumulée sur place, se solidifiant immédiatement à sa périphérie, s'entourant ainsi d'une carapace ; celle-ci, augmentant constamment d'épaisseur aux dépens de la portion centrale encore pâteuse, a été aussitôt fissurée par le retrait dû au refroidissement superficiel et par la continuité de la poussée interne, qui, sans cesse, tendait à faire éclater cette enveloppe trop étroite.

On peut donc se représenter l'amas de lave comme constituant alors une masse visqueuse à très haute température, enveloppée par une carapace solide, fissurée, cachée elle-même par des blocs, se détachant sans cesse de sa surface à mesure qu'elle augmentait de volume et qu'elle se refroidissait. Ainsi s'est reproduite, en un mot, l'apparence fournie par le cumulo-volcan de l'éruption du Santorin, si bien étudiée par M. Fouqué. C'est ainsi qu'il faut interpréter le dôme naissant, tel qu'il a été décrit par les quelques observateurs qui ont pu l'entrevoir (1), et l'on comprend, dans une certaine mesure, que plusieurs d'entre eux l'aient pris pour un cône de projection à cause de l'aspect ruiniforme que présentait sa surface.

(1) Aux observations que j'ai citées [p. 112], il y a lieu d'ajouter les quatre dessins publiés par M. Jean Hess [93].

En réalité, les phénomènes explosifs n'ont joué qu'un rôle minuscule dans l'édification du dôme. Les explosions vulcaniennes ont été presque limitées aux grands paroxysmes ; les produits lancés par elles et retombés dans la vieille caldeira n'ont pu fournir qu'un accroissement médiocre à l'amas de laves en construction : les grands phénomènes péléens (nuées ardentes), véritablement caractéristiques de ces éruptions, bien loin de contribuer à l'augmentation de l'édifice naissant, ont eu surtout pour résultat de lui arracher une masse énorme de matériaux, qui ont été perdus par lui sans retour.

Mais un afflux très rapide d'une plus grande quantité de matière (coïncidant sans doute avec les paroxysmes des 8 et 20 mai) a dû bien vite faire surgir de cette masse de déblais, et probablement par extrusion, des portions rocheuses, à parois trop raides pour permettre l'accumulation de débris à leur surface. Dès lors, le trait caractéristique du dôme était fixé et une différence radicale avec les débuts de l'éruption de Santorin établie : un dôme de roche continue avait remplacé le cumulo-volcan. Grâce à sa situation topographique au sommet d'une montagne, il allait être possible d'en suivre l'évolution.

Les premiers faits certains concernant le mécanisme en discussion qui aient été relevés et discutés sur place datent d'octobre 1902 ; je les considère comme la continuation réduite du phénomène qui vient d'être esquissé. Ils ont tout d'abord consisté dans le bourgeonnement de la masse fondue visqueuse sous-jacente à travers les fissures de la carapace déjà consolidée et ont été mis en évidence, au cours d'observations de nuit, par l'étude de la base du dôme, que j'ai vue peu à peu s'avancer vers le talus d'éboulis de la Rivière Blanche.

Les phénomènes d'extrusion. — Quand, grâce au refroidissement, les parois du dôme sont devenues assez épaisses pour pouvoir résister au mouvement d'expansion du magma sous-jacent, les phénomènes de bavure sur ses flancs sont devenus de plus en plus rares, et l'activité s'est à peu près localisée au sommet. C'est alors que j'ai constaté pour la première fois et pu interpréter les phénomènes d'extrusion. Ils ont été encore caractérisés par la poussée à l'extérieur de portions du magma incandescent, mais celles-ci n'étaient plus visqueuses, elles possédaient déjà l'état solide.

Deux modalités différentes sont à considérer dans ce phénomène.

La première a été réalisée après une période de calme relatif de près d'un mois et demi ; les phénomènes d'extrusion ont été localisés sur une très petite

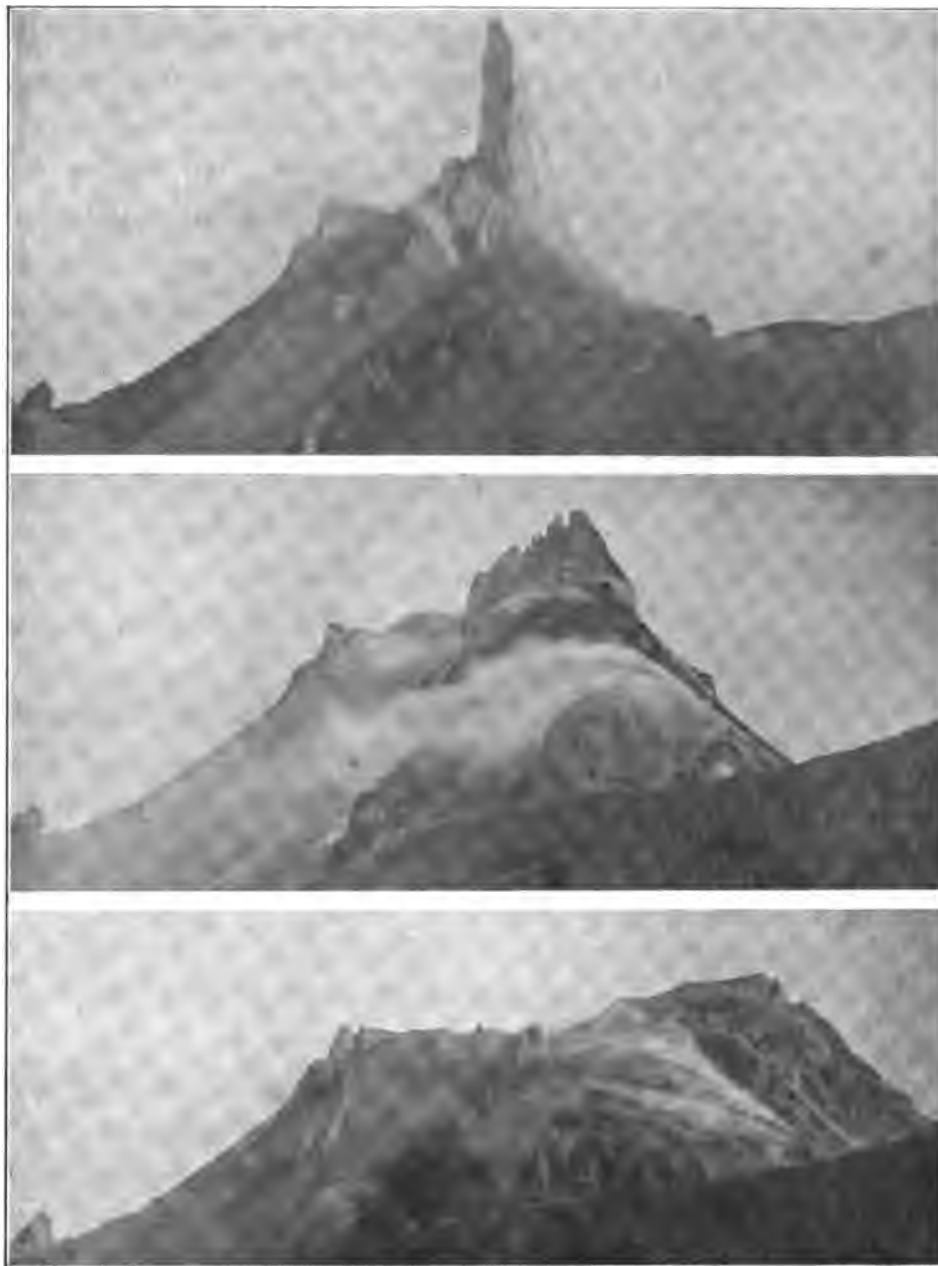


Fig. 263 à 265. — Variations de forme du dôme de 1903 à 1905. — Fig. 263, 11 mars 1903 ; fig. 264, 27 juin 1904 ; fig. 265, fin de l'éruption 1905.

surface, au point culminant du dôme. Il en est résulté la grande aiguille, à ascension rapide, d'octobre 1902 à août 1903. Il est permis de supposer

qu'elle se trouvait sur le prolongement de la cheminée souterraine du volcan, ainsi qu'en témoigne le point de départ des explosions péleennes, ayant joué un rôle important dans les éboulements, qui enrayaient sans cesse les progrès de son ascension ; ces explosions n'ont jamais été suffisantes pour déboucher complètement l'orifice, obturé par la pesante colonne de lave qu'était l'aiguille ; elles partaient de la base de celle-ci, tout près



Fig. 266. — Rochers au milieu du talus d'éboulis descendant de l'échancre (Phot. faite du Petit-Bonhomme, 15 mai 1907) (1).

de son point de jonction avec son support rocheux.

L'examen microscopique de la roche constituant cette aiguille a fait voir qu'elle appartenait au type vitreux, de refroidissement brusque de l'andésite ; elle était donc constituée par du magma arrivant, à l'état visqueux, directement de la

profondeur ou seulement de la partie centrale du dôme et poussé à travers la carapace résistante, assez lentement pour avoir le temps de se consolider avant d'arriver au jour, mais assez vite cependant pour empêcher une cristallisation notable de la pâte microlitique. La poussée ayant été presque continue, l'orifice de sortie n'a pu se bloquer, comme cela se fût sans doute produit s'il y avait eu pendant un temps même très court un arrêt complet de l'activité du volcan. En dépit de l'état solide de la lave émise ainsi, ce phénomène d'extrusion peut donc être homologué avec une petite coulée à marche excessivement lente (10 mètres par vingt-quatre heures environ dans la période de plus grande activité).

Le second mode à considérer a été caractérisé par une localisation de moins

(1) Cette photographie est symétrique de la figure 58 [p. 148], faite le 9 mars 1903, de la Petite Savane, vis-à-vis le Petit-Bonhomme.

en moins grande des phénomènes d'extrusion. Il a débuté par la période d'activité d'août-septembre 1903, qui a suivi la chute de la grande aiguille et qui a été signalée par un changement dans la modalité des phénomènes explosifs.

Alors, on n'a plus observé, comme précédemment, ces grandes nuées ardentes uniques, produites à intervalles assez éloignés, mais des explosions, généralement moins violentes, plus multipliées, partant de points plus nombreux, se dirigeant même exceptionnellement dans tous les sens, au lieu de se déverser comme précédemment dans la vallée de la Rivière Blanche. Il est probable que pendant cette petite reprise d'activité le sommet de la carapace du dôme a été très fissuré par les phénomènes explosifs et que la partie supérieure de la cheminée du volcan a été quelque peu modifiée.

Les phénomènes d'extrusion ont consisté d'abord dans la formation de petites aiguilles, déplacées vers l'Est (1) par rapport à la précédente, en même temps que d'autres mouvements se produisaient dans diverses parties du dôme et notamment dans ses parties méridionale, septentrionale et orientale. Le même mécanisme s'est continué jusqu'à la fin des manifestations éruptives. Les figures 263 à 265 mettent en évidence les divers stades de ces déplacements de l'activité de 1903 à 1905 et montrent, par contre, qu'un certain nombre de traits de structure, tels que l'éperon dominant le Petit-Bonhomme, les rochers de l'éboulis de la Rivière Blanche, ne se sont pas modifiés d'une façon importante depuis le commencement de cette longue période.

Bien que la proportion de matière venue au jour n'ait peut-être pas été beaucoup moindre au cours de cette phase d'extrusion tranquille que dans la précédente, la poussée n'étant plus étroitement localisée, mais s'exerçant sur une large surface, il ne s'est plus produit de soulèvement de grandes masses rocheuses sous forme d'aiguille, mais bien une augmentation de volume de la masse même du dôme. L'état du sommet de celui-ci à cette époque peut être comparé à une marqueterie, dont un grand nombre de pièces auraient subi des déplacements de bas en haut.

L'examen microscopique des roches produites pendant cette période

(1) La figure 55 [p. 145] qui résume les variations de position de la grande aiguille de 1902-1903 montre que, même dans la période d'étroite localisation de l'extrusion, il se produisait déjà de légères variations, indiquant une tendance à un déplacement vers l'Est.

de lente extrusion fait voir qu'elles appartiennent à des types plus cristallins que celles qui constituaient la grande aiguille de 1902-1903 ; elles correspondent par suite à des roches ayant cristallisé moins vite et sans doute plus profondément. Les portions extrudées n'étaient donc peut-être plus constituées par du magma venant directement de la profondeur, mais consistaient sans doute en portions de celui-ci, consolidées depuis plus longtemps dans le dôme et qui étaient poussées au jour, soit par l'arrivée de la profondeur de nouvelles quantités du magma sous-jacent, soit par des dégagements gazeux pouvant disloquer les parties déjà solidifiées du dôme, sans avoir cependant une force suffisante pour s'y ouvrir violemment une porte de sortie.

Ce mécanisme d'extrusion, ne donnant pas naissance à une aiguille unique, permet d'expliquer les changements de forme du sommet du dôme que j'ai constatés au commencement d'octobre 1902. Il est assez vraisemblable que



Fig. 267. — Silhouette du sommet du dôme d'après un dessin du capitaine Perney, fait le 15 octobre 1904, par le travers du Coffre à Mort.

le même phénomène s'est manifesté aussi au début de la période de suractivité d'août de la même année (1) et après les grandes éruptions de juin. En étudiant les dessins du dôme faits en 1904, par le capitaine Perney, j'ai en effet trouvé le croquis représenté

par la figure 267 ; il offre l'analogie la plus grande avec celui donnant la silhouette du sommet du dôme, telle qu'il a été entrevu le 6 juillet 1902 [fig. 22, p. 114] : cette forme en crochet résulte d'éboulements d'une crête de forme plus régulière.

Si on laisse maintenant de côté les questions de localisation et d'intensité du phénomène, il est possible de montrer que, dans le détail, l'extrusion s'est faite dans tous les cas par le même processus : au début, il se produisait des fissures à parois planes, entre lesquelles glissait la roche solide poussée à l'extérieur ; celle-ci s'usait, se polissait et se striait parallèlement à la direction d'extrusion. La forme de la portion extrudée était d'abord polyédrique ; nous la trouvons identique dans la grande aiguille de novembre 1903 au début de son ascension rapide (fig. 3, Pl. V) et aussi

(1) Voir [p. 115] le récit des gendarmes du Morne Rouge sur l'apparition, le 16 août, de protubérances au sommet du dôme.

dans la petite aiguille à marche lente du 23 août 1904 [fig. 236, p. 639].

Quand l'extrusion se continuait à la même place pendant un temps suffisamment long, cette sorte de filière s'arrondissait, en même temps que l'aiguille devenait cylindrique. L'ascension était d'abord régulière, puis elle ne tardait pas à s'accroître dans un certain sens, déterminant ainsi des



Fig. 268 et 269. — Le sommet du dôme, avec ruines d'aiguilles, en avril 1904.
(Photographie faite du Plateau des Palmistes).

phénomènes de torsion et d'écrasement : tel a été le cas de la grande aiguille de 1903 [pl. I *bis* et pl. VII, fig. 2] ; tel a été aussi celui des aiguilles de 1904 (fig. 268 et 269).

A un point de vue plus général, les phénomènes qui viennent d'être décrits ont un grand intérêt, en montrant que, dans un massif éruptif, dans un filon, des mouvements de masses solides dans masse solide, avec toutes leurs conséquences (production de miroirs de glissement, de brèches

de friction, de développement de structure cataclastique dont il sera parlé plus loin) peuvent se produire, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir, pour les expliquer, des mouvements orogéniques postérieurs à la mise en place.

§ II. — La morphologie du dôme.

Les nombreuses photographies reproduites dans ce chapitre rendent superflue une longue description de l'état définitif du dôme ; quelques mots suffiront.

C'est un édifice complexe, essentiellement constitué par des roches



Fig. 270. — Pointe rocheuse aigüe faisant face au Petit-Bonhomme (1907).

solides, dont la continuité est fréquemment cachée par des éboulis, édifiés par l'accumulation de leurs débris ; ceux-ci augmentent rapidement d'importance, et le jour n'est pas loin, peut-être, où le dôme n'apparaîtra plus que comme un entassement de matériaux fragmentaires (1).

Ceux-ci lui forment déjà une ceinture continue dans la rainure de la vieille caldeira et dans le talus descendant vers la vallée de la Rivière Blanche.

La figure 243, reproduisant une photographie faite en avril 1903, représente à peu de chose près la forme actuelle du dôme, vu du côté Sud, avec cette seule réserve que les aspérités qui le couronnent tendent de plus en plus à s'atténuer.

La partie presque horizontale de la crête, dominant le grand talus d'éboulis de la Rivière Blanche, présente un petit plateau assez uniforme, dont la photographie 276 montre l'aspect. Dans la brume, on y aperçoit l'une des trois pointes qui actuellement couronnent le dôme ; on peut voir,

(1) Cependant, de temps en temps, des éboulements dans les talus trop raides mettent à nouveau à nu quelques parties rocheuses.

sur la carte donnée page 10 (fig. 246), qu'elles ont respectivement une altitude de 1321, de 1340 et de 1355 mètres.

Roches en place.

— Les roches en place émergent donc des éboulis; elles présentent toutes les pentes possibles; elles ont parfois des formes aiguës (fig. 270); les parois de certaines d'entre elles sont absolu-



Fig. 271. — Partie rocheuse du dôme au voisinage du sommet, 1^{er} juin 1907.

ment verticales, comme celles représentées par les figures 272 et 279; d'autres sont seulement assez inclinées (fig. 273) pour empêcher le stationnement à leur surface des blocs ou fragments qui s'en détachent constamment.

Sur la figure 272 (1), on voit un exemple de rochers à parois verticales, lisses, qui limitent une fente, en partie comblée par des blocs éboulés; elle se trouve vis-à-vis du Morne de Macouba, sur le flanc Nord-Est du dôme, et constitue un trait de structure qui n'a pas été observé en d'autres points.



Fig. 272. — Rocher à paroi lisse et fissure Nord-Est du dôme.

La surface de ces rochers est excessivement fendillée (fig. 270) ou fissurée

(1) Cette photographie a dû être retouchée.

(fig. 273), ce qui détermine leur incessant éboulement ou émiettement.



Fig. 273. — Paroi Sud-Sud-Est fissurée du dôme (15 mai 1907).

La figure 273 montre une paroi rocheuse, dont la démolition spontanée met en liberté ces gros blocs éboulés, qui abondent dans la rainure et dont un bon exemple est représenté par la figure 274.

Ce genre de démolition peut être attribué à deux causes. La première, qui est la principale, consiste dans le retrait, dû au refroidissement, retrait rendu particulièrement facile par l'existence d'un peu de verre dans l'andésite, qui est finement poreuse, sans être jamais bulleuse.



Fig. 274. — Blocs éboulés dans le fond de la rainure, côté Sud (15 mai 1907).

La seconde cause me paraît résulter des actions mécaniques consécutives à l'extrusion, qui ont joué un rôle très évident dans la destruction des aiguilles. Celles de 1902 et 1903, que j'ai étudiées de près, présentaient toujours des fissures verticales, parallèles à la génératrice de leur forme plus

ou moins cylindrique [pl. I bis] (1). Ces fissures ont eu une grande influence

(1) Cette même planche met en évidence la preuve d'un mouvement de torsion hélicoïdale [p. 144].

sur les formes successives que prenaient les aiguilles dans les divers stades de leur rupture. D'autre part, lorsque celles-ci n'étaient pas affectées d'un mouvement d'ascension rigoureusement vertical, lorsqu'elles se courbaient, elles subissaient dans la région de courbure un écrasement des plus caractéristiques. La figure 275

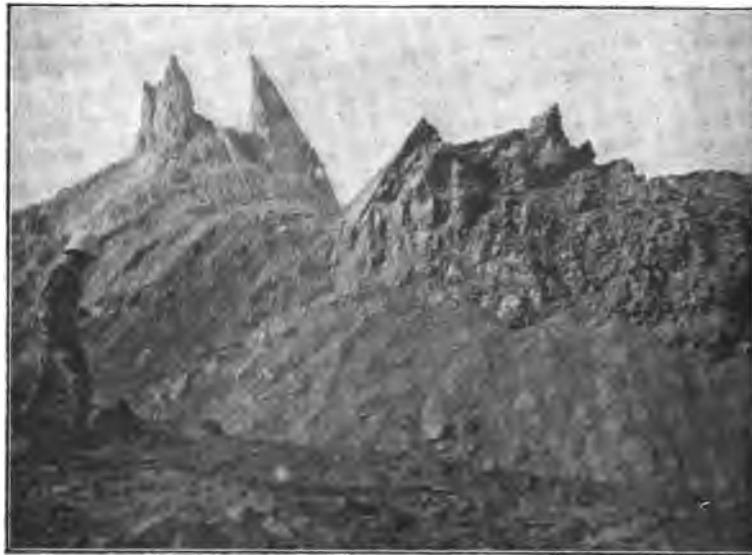


Fig. 275. — Le sommet du dôme, le 18 octobre 1904, montrant des restes d'aiguilles (Phot. faite du plateau des Palmistes au voisinage du Morne de Macouba).

montre (1) deux restes d'aiguilles, existant encore en octobre 1904, et dans lesquels les traces d'écrasement et de fissuration sont tout à fait évidentes.

Quand le fractionnement des roches en place, quelle qu'en soit la cause, se produit dans une région dont la pente est insuffisante pour permettre la facile évacuation vers le bas des blocs détachés, ceux-ci restent sur place, constituant alors des champs de roches éparses,



Fig. 276. — Portion à peu près horizontale au sommet du dôme, avec un rocher vertical en voie d'écroulement (1^{er} juin 1907).

dont on comprendrait difficilement l'origine, s'il n'était possible de suivre

(1) Cette photographie représente le dôme dans un plan sensiblement perpendiculaire à celui de la figure 238 [p. 641], qui est la reproduction d'une photographie prise deux jours plus tard.

toutes les étapes de la démolition. Tel est le cas réalisé par le petit plateau à



Fig. 277. — Crête ébouleuse faisant face à l'ancien lac des Palmistes (Phot. faite le 29 octobre 1906, un peu à droite du Morne La Croix).

peu près horizontal du sommet du



Fig. 278. — L'extrémité Nord-Ouest du dôme (Phot. faite en tournant le dos au Morne de Macouba dans la descente vers le Prêcheur, 25 octobre 1906).

dôme, représenté par la figure 276; on voit sur celle-ci un monolite fissuré, qui va bientôt tomber en ruines: cette figure montre aussi comment peu à peu disparaissent, ou s'atténuent sans intervention d'aucun phénomène brutal, un grand nombre d'aspérités aiguës,

qui, de toutes parts, ont hérissé le dôme. Dans d'autres cas, la roche ne se débite pas en gros fragments, elle s'émiette en menus débris et en fine poussière, comme cela a lieu sur la face du dôme regardant le Morne La Croix (fig. 277 et 278, ces deux clichés peuvent être mis bout à bout, la figure 278 à droite de la figure 277). Ce cas me

paraît surtout réalisé dans la région des anciennes aiguilles, et je pense que le fendillement, dû aux actions dynamiques, doit faciliter ce mode de des-

truction. Les pentes couvertes par ces produits détritiques de petites ou moyennes dimensions paraissent uniquement formées par des débris, alors qu'en réalité la roche continue se trouve généralement très près de la surface. La figure 279 représente une paroi rocheuse très fendillée, dont l'éroulement donne naissance aux talus d'éboulis du genre de ceux que représentent les deux figures précédentes.

La comparaison des figures 275 et 277 (1), faites toutes deux du Plateau des Palmistes, mais à deux ans de distance, montre comment les manifestations tranquilles de la fin de l'éruption ont fait disparaître toute trace des grandes aiguilles, qui, pendant si longtemps, ont constitué le trait caractéristique du dôme. Sur ma demande, M. Guinoiseau a cherché leurs racines, mais sans pouvoir y réussir, soit que celles-ci aient été enfouies sous les débris, soit plus vraisemblablement que les phénomènes d'extrusion non localisés de la fin de l'éruption aient repoussé à l'extérieur les dernières traces de ces imposants monolites.



Fig. 279. — Paroi rocheuse verticale en voie d'émiettement. Face au Morne de Macouba.

Par contre, dans diverses régions du dôme, notamment au Nord, là où aucune aiguille n'a été étudiée antérieurement, on remarque des surfaces lisses, striées, comme celles mises en évidence par les photographies de l'aiguille de 1902-1903 [Pl. I bis]; elles ont une orientation et une direction quelconque, horizontale, verticale, etc. ; elles démontrent qu'en ces

(1) La photographie de la figure 278, comme la précédente, a été faite du Plateau des Palmistes, du Nord des restes du Morne La Croix; mais le bord de la caldeira s'y confond avec le dôme, dont il est cependant séparé par la rainure.

points des portions du dôme ont frotté les unes contre les autres ; elles nous apportent par suite une preuve directe et persistante de la généralisation de ces soulèvements de masses solides au milieu de masses solides, sans formation d'aiguilles, dont il a été question plus haut (1).

Les brèches d'éroulement. — Ces brèches sont formées, suivant les points considérés, de blocs de dimensions très variées et parfois considérables, de menus fragments et de poussière fine. Celle-ci peu à peu comble les vides des matériaux de plus grande taille, qui sont anguleux ou qui ont leurs arêtes abattues par leur choc mutuel. Dans un pays comme la Martinique, où les précipitations atmosphériques sont très abondantes, les éléments menus sont rapidement entraînés dans les parties inférieures des éboulis, et les affleurements se montrent surtout formés de blocs ou de fragments entassés. La structure de ces brèches est essentiellement chaotique et peut être comparée à celle des déblais d'une carrière.

Les parties superficielles, en voie d'accroissement, sont formées par des blocs des types pétrographiques en place à la surface du dôme et dont il va être question plus loin. Ces matériaux sont beaucoup plus cristallins que ceux du début de l'éruption ; si donc il était possible d'observer une coupe fraîche faite dans de semblables brèches, — et cette remarque est intéressante pour l'interprétation de brèches de même nature existant dans les volcans éteints, — on verrait la cristallinité des roches qui les constituent diminuer avec la profondeur, les types en contact avec la roche en place étant dans un grand nombre de points uniquement constitués par des roches très vitreuses. De plus, les blocs éboulés pendant la période d'activité, alors qu'ils possédaient une température élevée, présentaient sur toute leur périphérie des fissures de retrait et des phénomènes de rubéfaction, manquant naturellement dans les blocs refroidis, qui s'éboulent actuellement sous l'influence des actions étudiées plus haut.

Les observations à distance faites au cours de l'éruption rendent vraisemblable que, dans certaines parties en contact avec les parois extérieures du dôme, la base de ces brèches a dû être atteinte par le magma bavant à travers des fissures, et ainsi ont dû se produire des brèches ignées, du genre de celles qui sont si fréquentes dans le massif andésitique du Cantal.

(1) Au cours de mes observations, il m'a semblé voir dans la masse même du dôme des phénomènes d'extrusion de ce genre [p. 142] ; mais je n'avais pu alors en donner la preuve directe.

§ III. — La structure minéralogique du dôme.

La coordination de toutes mes observations m'a amené, en 1904, à formuler les hypothèses suivantes sur la structure intime du dôme, [p. 155]:

« Si les conclusions auxquelles me conduisent mes observations sont exactes, le dôme, après son refroidissement, sera constitué par un culot d'andésite à pâte quartzifère, plus ou moins complètement microgrenue, entouré d'une enveloppe d'andésite non quartzifère, avec prédominance du type III [microlitique], riche en tridymite. Cette enveloppe sera traversée par des veines d'andésite plus ou moins vitreuse, produites par la consolidation des apports, que nous avons observés si souvent grâce à leur incandescence.

Le refroidissement des diverses parties de la carapace ayant été inégalement rapide, l'épaisseur de cette enveloppe non quartzifère doit être variable; il est probable que la partie la moins profonde du culot quartzifère est elle-même traversée par des veinules de cristallinité moindre, alors que son sommet fournira, selon toute vraisemblance, l'exemple de dykes quartzifères (restes de l'aiguille ou des rudiments d'aiguille de formation actuelle), émergeant de portions de la carapace moins cristallines qu'eux. »

Et plus loin [p. 158]:

« La facilité avec laquelle ces roches quartzifères sont émises à l'extérieur, dans les périodes tranquilles de l'éruption actuelle, est une nouvelle démonstration que cette carapace, non quartzifère et moins cristalline, est peu épaisse.

Il est vraisemblable que, lorsque l'éruption sera terminée, si le dôme reste à découvert, l'érosion aura vite raison de la résistance de cette partie extérieure et que très probablement le culot central quartzifère apparaîtra entièrement à nu. C'est probablement à un mécanisme de ce genre que les pitons dacitiques du Carbet, sans doute formés à la façon du dôme de la Montagne Pelée, montrent surtout à nos yeux des dacites à pâte quartzifère, alors que, de loin en loin seulement, on y trouve des affleurements de dacite à pâte dépourvue de quartz, sans que, sur le terrain, il soit possible d'établir de distinction entre ces deux types de roches. »

Voyons maintenant dans quelles limites l'étude des matériaux recueillis systématiquement sur le dôme est venue confirmer ces prévisions.

Le détail des résultats minéralogiques devant être exposé plus loin, je ne m'occuperai ici que de leurs conséquences géologiques.

1° Les roches qui, en 1906, affleuraient encore çà et là à la base du dôme (1), au voisinage de la rainure, et notamment dans la partie méridionale de celle-ci, appartiennent au type le moins cristallin de la collection, c'est-à-dire à celui qui est faiblement microlitique et pauvre en tridymite; plus rarement, on y voit un type à verre apparent (obsidiennique), etc., mais toujours moins vitreux que celui constituant la roche la plus abondante parmi les blocs entraînés dans la vallée de la Rivière Blanche jusqu'en mars 1903; ce dernier ne se trouve plus nulle part en place dans le dôme. Il n'y existe pas davantage de roches ponceuses du genre de celles des éruptions du 9 juillet et du 30 août 1902;

2° Inversement, ces types vitreux ne se rencontrent plus dans les parties élevées du dôme. L'andésite, qui constitue celles-ci, appartient au type microlitique plus ou moins cristallin, riche en tridymite, ou au type quartzifère;

3° Ce type quartzifère, que j'ai observé pour la première fois (2) dans les éboulis de l'aiguille de janvier 1904, n'est localisé ni sur l'emplacement des aiguilles successives produites depuis lors, ni dans une région privilégiée. Sa distribution n'est soumise à aucune règle apparente; il ne forme ni veines, ni filons distincts; il se rencontre partout et constitue plus du tiers des échantillons étudiés en plaques minces; on va voir plus loin qu'il existe tous les passages possibles entre des échantillons presque holocristallins, très riches en quartz, et d'autres ne renfermant pas ce minéral.

Ces constatations comportent un certain nombre de conclusions :

L'observation directe a permis de remarquer que les rochers, qui, jusqu'en 1906, émergeaient encore çà et là de la base du dôme, constituaient un trait

(1) D'après les observations que me communique le lieutenant Tourbiez (janvier 1908), ces roches sont actuellement cachées sous les éboulis.

(2) La lacune des observations minéralogiques existant entre mon départ de la Martinique (mars 1903) et janvier 1904 ne m'a pas permis de préciser l'époque à laquelle est venue au jour pour la première fois cette roche quartzifère. J'ai émis l'hypothèse [p. 516] que ce fut probablement au cours de la période de suractivité d'août à septembre 1903; j'ai aujourd'hui la preuve que c'est là une date minima; j'ai examiné en effet un grand nombre de nouvelles plaques taillées dans les lapilli écaillés, projetés à cette époque sur l'emplacement du lac des Palmistes et que M. Guinoiseau m'avait jadis envoyés; j'ai pu y constater l'existence d'assez nombreux échantillons quartzifères.

de structure datant des débuts de la formation de celui-ci. Ils paraissent ne s'être guère modifiés depuis lors autrement que par des écroulements peu importants. Or on vient de voir qu'ils étaient formés par un type très vitreux d'andésite dépourvue de quartz, c'est-à-dire par une forme pétrographique que l'étude des bombes des paroxysmes permet de considérer comme résultant du refroidissement rapide du magma. Ils représentent donc bien les restes de la carapace primitive, telle que je l'ai définie : celle-ci est encore visible sur la figure 3 de la planche III et sur la planche IV, représentant des photographies faites en 1903.

Par contre, elle a complètement disparu des crêtes sous l'influence de causes diverses : localisation de l'activité éruptive au sommet vers la fin de l'éruption, et notamment production de phénomènes d'extrusion ; émiettement consécutif au refroidissement. La réalité de l'existence antérieure de cette carapace au sommet du dôme n'est cependant pas une simple conception théorique ; elle peut être démontrée par la nature des blocs encore à haute température (éboulés), que j'ai recueillis jusqu'en octobre 1902 dans la Rivière Blanche, au pied de l'échancrure de la caldeira, et de ceux rejetés ou éboulés jusqu'en mars 1903. Ces roches étaient vitreuses ou microliques, toujours pauvres en tridymite, quand elles renfermaient ce minéral ; aucune d'entre elles n'était quartzifère.

La disparition de cette portion de la carapace ne permet donc pas de vérifier les hypothèses que j'ai faites sur la structure qu'elle a présentée au cours de son existence éphémère.

La comparaison des figures 263 à 265 fait voir que pendant la période de faible activité de 1904-1905, le dôme s'est surtout accru dans ses parties Est et Nord. Des phénomènes d'incandescence intenses, mais de peu de durée, y ont été alors constatés ; l'absence de types vitreux en place dans toute cette région rend vraisemblable que le mécanisme principal (1) d'émission de la lave ne s'y est pas fait par bavure du magma à l'état pâteux, et que les phénomènes d'extrusion y ont été prépondérants.

Des observations qui précèdent, il résulte encore que le décapage du culot central s'est bien produit suivant mes prévisions ; mais il s'est effectué avec une intensité et une rapidité que j'étais loin de supposer, puisque, moins

(1) Je dis principal, car depuis lors cette portion du dôme s'est beaucoup émietlée, et là encore une croûte superficielle peut avoir déjà disparu.

de trois ans après la cessation de l'activité, le dôme a atteint la phase « pitons du Carbet » (mise à nu de roches quartzifères), et cela, sans l'intervention d'une érosion proprement dite, due à des agents extérieurs à lui-même. L'état actuel est d'ailleurs acquis à peu de chose près depuis longtemps, puisque, comme je l'ai indiqué plus haut, depuis 1905 la montagne n'a subi que des modifications de formes insignifiantes (par écroulement des aspérités).

La nature des roches produites par lente extrusion à partir de 1904, et qui toutes sont constituées par les types les plus cristallins, avec ou sans quartz, confirme la relation, que les observations antérieures m'avaient permis de supposer entre la rapidité de l'extrusion et la structure de la roche ainsi poussée au jour : type vitreux dans le cas des grandes aiguilles à extrusion rapide et importante de 1902-1903 ; type plus cristallin dans les petites aiguilles à ascension lente et faible de 1904 à 1905.

Enfin, nous avons maintenant la preuve que toutes ces aiguilles successives n'avaient pas de racines profondes, qu'elles ne sont pas comparables à des dykes, traversant un dôme de structure différente, car, aujourd'hui que le culot central apparaît à vif, il n'est plus possible de distinguer leur trace.

Au cours de la période de rapide ascension de la grande aiguille, de novembre 1902 à mars 1903, j'ai recueilli parmi les produits que lui arrachaient les nuées ardentes de nombreux blocs de brèches de friction à grands éléments formés par l'andésite vitreuse ; on trouvera dans la planche XXIV, [fig. 2] la représentation d'un échantillon typique de ce genre. Je regarde la formation de ces brèches comme une conséquence immédiate des phénomènes d'extrusion ; aussi avais-je spécialement appelé l'attention de M. Guinoiseau sur l'intérêt qu'il y aurait à les trouver en place dans le dôme. Il n'en a rencontré nulle part, ce qui confirme la conclusion que je viens de formuler sur l'origine superficielle des aiguilles ; ces brèches à éléments très vitreux ont dû être formées au contact de la carapace, et elles ont disparu avec elle.

Par contre, M. Guinoiseau m'a envoyé plusieurs échantillons peu cohérents, à aspect sableux, dans lesquels on distingue de petits fragments pierreux, réunis par un ciment de même nature ; ce sont encore des brèches de friction, mais à éléments menus et parfois même micro-

scopiques. Un échantillon recueilli dans un éboulis au Nord du dôme est formé aux dépens d'une andésite assez vitreuse ; un autre, provenant du voisinage des derniers points en mouvement à la fin de l'éruption (1905), est, au contraire, constitué par des débris du type quartzifère. La formation de ces brèches microscopiques est probablement en relation avec les phénomènes d'extrusion non localisés de faible ampleur.

Notons enfin, comme résultat négatif, que, dans aucun des échantillons recueillis en place dans le dôme, ne se trouvent de ces roches métamorphisées si singulières, riches en cordiérite et en quartz, dont j'ai trouvé des blocs sur les flancs du volcan, après l'éruption du 30 août [p. 548]. Les modifications qu'elles présentent ne se sont donc pas reproduites depuis lors, ou, tout au moins, elles n'ont pas été réalisées dans les points encore trop superficiels que l'observation directe à seule pu atteindre jusqu'à présent ; c'est donc là un argument nouveau permettant de défendre l'hypothèse que j'ai formulée déjà sur la probabilité de leur production à l'intérieur même du dôme.

§ IV. — La constitution minéralogique de la lave.

1° *L'andésite.*

L'étude de la lave que j'ai donnée antérieurement [p. 503] a été basée uniquement sur l'examen d'échantillons mis à ma portée par les phénomènes explosifs et par les éboulements tranquilles du dôme dans la vallée de la Rivière Blanche. Ces documents m'ont permis de montrer la fixité de la composition chimique du magma pendant toute l'éruption ou plutôt l'absence des variations systématiques, ainsi que le défaut de variation dans la nature et dans les proportions relatives des phénocristaux de l'andésite, résultant de la consolidation de ce magma. Ces derniers sont essentiellement constitués par des plagioclases très zonés, par de l'hypersthène, par de la titanomagnétite, avec très accessoirement de l'olivine, de l'augite, de la hornblende, de l'ilménite et de l'apatite, qui manquent fréquemment.

A cette monotonie des phénocristaux d'origine intratellurique, il faut opposer les fluctuations observées dans la structure et la composition minéralogique de la pâte, affectées par les variations des conditions du refroi-

dissement du magma une fois venu au jour. Cette pâte est plus ou moins complètement vitreuse (obsidiennique ou ponceuse) dans les types refroidis brusquement, microlitique dans les portions du magma consolidées plus lentement; enfin les éboulis de la petite aiguille de janvier à avril 1904 ont fourni une andésite à pâte quartzifère, poussée au jour à l'état solide par une lente extrusion.

Il était intéressant de voir dans quelles limites les échantillons recueillis *en place* apporteraient des données nouvelles sur cette question.

On vient de voir que les andésites ponceuses n'ont été trouvées nulle part dans le dôme et que le type obsidiennique y est fort rare aujourd'hui. Il n'y présente aucune particularité spéciale et, comme les échantillons de même structure rejetés en 1902-1903, il est dépourvu de tridymite.

Par contre, ce minéral est beaucoup plus abondant dans les andésites microlitiques, quartzifères ou non, que dans tous les échantillons similaires étudiés avant 1904. Ces andésites présentent toutes les variétés déjà signalées, mais avec quelque chose en plus.

En 1904, je n'en avais eu à ma disposition qu'un très petit nombre d'échantillons, tous identiques entre eux et appartenant à un type très cristallin, n'offrant aucun passage avec les andésites dépourvues de quartz. Dans la centaine d'échantillons recueillis en place dans tous les points du dôme, j'ai trouvé, au contraire, des passages ménagés entre ce type le plus quartzifère et les roches qui ne renferment pas de quartz.

Afin d'avoir une certitude sur cette question, j'ai prié M. Guinoiseau de recueillir, à 3 mètres les uns des autres, de nombreux échantillons le long d'un affleurement facilement abordable. Treize fragments ainsi prélevés sur les rochers, faisant face au Morne de Macouba, m'ont fourni tous les types réalisés dans l'ensemble de la collection, sans aucune distribution régulière.

Le type quartzifère ne constitue donc pas une roche spéciale; il faut admettre entre cette andésite à pâte quartzifère, qui a presque une structure microgranulique à grains très fins, et les andésites microlitiques sans quartz, une continuité aussi parfaite qu'entre ces dernières et les andésites obsidienniques. Cette conclusion doit être généralisée et appliquée aux différents groupes d'andésites et de dacites anciennes de la Martinique, dans lesquelles il existe aussi des types obsidienniques, microlitiques seu-

lement feldspathiques et d'autres microlitiques quartzifères [p. 553]. A un point de vue plus général encore, elles montrent, en outre, une fois de plus, que des distinctions entre roches volcaniques d'une même région ne doivent pas être faites uniquement sur une base minéralogique, tant qu'il existe un résidu vitreux (Voir aussi p. 52).

Quelques mots doivent être ajoutés sur la structure du quartz. Ce minéral se présente, en effet, avec des aspects un peu différents suivant les échantillons. Quelquefois, ses formes sont parfaitement régulières [p (10 $\bar{1}1$), c $^{1/2}$ (01 $\bar{1}1$)]; il forme de petits cristaux, isolés ou réunis en individus polysynthétiques, dont la structure ne se trahit que par des angles rentrants. Dans d'autres cas, il constitue des plages, à structure globulaire, sans contours géométriques; mais elles sont toujours de petite taille (5 millimètres), elles n'atteignent jamais les dimensions de ces larges éponges pœcilitiques, si fréquentes dans les andésites et labradorites anciennes de la Martinique et que, pour cela, je persiste à considérer comme d'origine secondaire médiate, comme formées postérieurement au refroidissement de la roche.

Le quartz est plus récent que les minéraux cristallitiques de la pâte (hypersthène, plagioclases, titanomagnétite), qu'il englobe ou qu'il moule. Il ne renferme pas d'inclusions vitreuses à bulle; celles-ci, par contre, se voient quelquefois dans les microlites feldspathiques (1).

Les enclaves homœogènes. — Les andésites en place dans le dôme ne sont pas moins riches en enclaves homœogènes que celles du début de l'éruption [p. 536]; je signalerai parmi les nouveaux échantillons étudiés deux enclaves allomorphes antilogues, ayant la composition d'une norite à grands éléments.

Mais le type le plus commun est constitué par les deux variétés d'enclaves antilogues plésiomorphes antérieurement décrites. La seule particularité qu'elles présentent réside dans l'extraordinaire abondance de la tridymite, comparable d'ailleurs à celle qui s'observe dans la roche englobante. Ce minéral épigénise tout ou partie du verre (2), remplit toutes les cavités, sous forme de larges plages, individuellement constituées par l'empilement d'un très grand nombre de petites lamelles imbriquées; l'épaisseur des

(1) C'est par suite d'un lapsus que j'ai indiqué [p. 513] l'existence d'inclusions liquides à bulle dans les feldspaths; c'est *vitreuses* que j'ai voulu dire.

(2) Dans les échantillons de l'aiguille de 1904, la tridymite n'était guère développée que dans les pores de la roche [256].

groupements qui en résultent est suffisante pour donner des phénomènes de biréfringence très nets dans les plaques de 0^{mm},02 d'épaisseur. Cette tridymite joue le rôle du quartz dans les norites quartzifères.

Enfin, dans plusieurs échantillons, j'ai retrouvé, autour des plagioclases, de fines micropegmatites, paraissant constituées par un mélange de quartz et d'un feldspath acide, moins réfringent que le plagioclase normal et souvent orienté sur lui. Les vermiculations sont tellement fines qu'il est difficile de déterminer avec précision le feldspath qui les englobe.

Altérations. — Les fumerolles, qui s'échappent des fissures du dôme (Voir p. 15), en attaquent superficiellement les parois; aussi les blocs recueillis dans les éboulis ont-ils presque tous une apparence d'altération; leurs minéraux ferrugineux ont pris un aspect irisé, avec un éclat presque métallique; leurs plagioclases sont blancs et ternes. Les lames minces, taillées au voisinage immédiat de la surface, permettent de voir que les feldspaths sont complètement détruits; mais des sections taillées perpendiculairement au plan d'altération montrent que celle-ci est le plus souvent toute superficielle; à moins de 1 millimètre de l'extérieur, les zones basiques des plagioclases sont seules transformées en opale, alors que les autres sont tout à fait intactes.

L'altération est plus intense à l'orifice des fumerolles très actives du sommet. L'andésite y est transformée en une masse blanche, tendre et fragile, se fissurant par dessiccation; l'examen microscopique montre que, sauf l'hypersthène, le quartz et parfois la bordure acide des microlites feldspathiques, qui sont intacts, tous les autres éléments sont attaqués. Les surfaces extérieures sont recouvertes d'opale blanche concrétionnée assez dure, tandis que celle qui épigénise les feldspaths et le verre s'écrase sous la pression du doigt: elle est imprégnée de gypse, d'alunogène, etc.

2° *Le mode de formation du quartz.*

La production du quartz au cours de l'éruption étant démontrée, il me reste à discuter les conditions vraisemblables dans lesquelles cette cristallisation a pu s'effectuer. J'ai admis antérieurement [p. 517] qu'elle s'est produite, non par la voie purement ignée, c'est-à-dire dans un magma encore visqueux, mais dans la roche déjà solidifiée et sous l'influence

de minéralisateurs (vapeur d'eau), exerçant leur action sous la carapace et par suite sous pression. Les arguments sur lesquels je me suis appuyé consistaient, d'une part, dans les constatations géologiques faites au cours de l'éruption et, d'une autre, dans des expériences de laboratoire et dans la connaissance de certaines propriétés du quartz.

Les expériences de laboratoire ont consisté à soumettre à des recuits prolongés et variés les types non quartzifères de la lave récente, aussi bien que le verre résultant de leur fusion. Je n'ai obtenu ainsi que des résultats négatifs, qui étaient d'ailleurs rendus probables *a priori* par les insuccès répétés de tous ceux qui ont essayé antérieurement de faire cristalliser du quartz par simple recuit de magmas exclusivement silicatés.

Les propriétés du quartz, auxquelles je viens de faire allusion, consistent dans son instabilité (connue depuis longtemps) à une température supérieure à environ 1000° C., et dans ce que l'on sait sur la possibilité de le faire cristalliser par fusion. Hautefeuille (1) a obtenu ce minéral par fusion ignée, mais uniquement en recuisant de la silice dans un grand excès de minéralisateurs [tungstate de sodium ou de lithium, phosphates et fluorures alcalins), ou encore chlorure de lithium et lithine (Hautefeuille et Margottet) (2)]. Parmentier (3) a obtenu le même résultat en utilisant le molybdate de sodium. Dans ces expériences, la silice cristallise sous forme de quartz au-dessous de 1000° C., sous celle de tridymite au-dessus de cette température.

M. J. Morozewicz (4) a le premier obtenu des cristaux de quartz par très long recuit d'une obsidienne rhyolitique, mais à la condition d'ajouter à la roche fondue un minéralisateur, constitué en l'espèce par de l'anhydride tungstique; bien que la proportion de celui-ci puisse être faible (1 p. 100), sa présence est une condition *sine qua non* du succès.

Tout récemment, MM. A. L. Day et L. S. Shepherd et Fred. E. Wright (5) ont apporté de la précision sur cette question, en effectuant de nouvelles expériences, accompagnées de mesures exactes, sur les limites

(1) *Comptes rendus*, LXXXVI, 1878, 1133, et *Ibid.*, XCIII, 1880.

(2) *Bull. Soc. minér. France*, IV, 1881, 244.

(3) *Ann. scient. École normale*, 1882.

(4) *Tschermak's min. u. petr. Mitteil.*, XVIII, 1898, 158.

(5) *Amer. J. of. sc.*, XXIII, 1906, 265. Voir aussi une édition plus récente du mémoire de ces auteurs (*Tschermak's min. u. petr. Mitteil.*, XXVI, 1907, 181).

de température auxquelles on peut obtenir l'une ou l'autre de ces formes de silice. C'est très sensiblement à partir de 800° C. que le quartz se transforme en tridymite; au-dessous de 760° C., il cristallise dans un mélange de 80 p. 100 de KCl et de 20 p. 100 de LiCl, tandis que la tridymite s'y forme au-dessus de 800° C. De plus, dans ces conditions (présence de chlorures), et dans ces conditions seulement, il est possible de transformer la tridymite en quartz en la maintenant au-dessous de 760° C.

En résumé, on voit que la température de transformation de la tridymite en quartz ou du quartz en tridymite est voisine de 800° C., mais que la production de la forme stable à basse température (quartz) n'a pu, jusqu'à présent, être obtenue par simple fusion, sans l'intervention d'un minéralisateur quelconque (1).

Jusqu'à preuve expérimentale du contraire, il est donc légitime, comme je l'ai fait en 1904, d'utiliser cette donnée pour l'interprétation des faits naturels en discussion.

On peut chercher à aller plus loin et faire en outre deux hypothèses : ou bien le quartz s'est produit par fusion, comme dans les expériences de M. Morozewicz, les conditions vraisemblables de pression dans lesquelles se trouvait alors le magma ayant maintenu dans celui-ci une petite quantité de vapeur d'eau (et aussi de chlorures alcalins, dont la présence a été constatée dans toutes les roches étudiées), ou bien la cristallisation s'est effectuée sous l'influence de ces mêmes minéralisateurs, s'exerçant sur le verre de l'andésite déjà entièrement consolidée.

Afin d'avoir quelque précision à ce sujet, j'ai demandé à M. Brun de vouloir bien faire quelques expériences de fusion sur le type le plus vitreux de l'andésite récente, en employant le procédé qui lui a servi à déterminer le point de fusion d'un grand nombre de minéraux (2). Des plaques minces ont été détachées dans un échantillon du type obsidiennique, et l'on a cherché la température à laquelle la roche commence à se déformer sous l'action de la pesanteur, par suite du ramollissement du verre ; ce résultat a été obtenu dans diverses expériences entre 904 et 938° C. De plus, la température minima à laquelle on peut (avec peine) obtenir des fils avec le même verre

(1) M. Brun poursuit des recherches en vue de faire cristalliser l'obsidienne de Lipari par simple recuit. Il vient d'obtenir, entre 523 et 530° C. (*Arch. sc. phys. et nat. Genève*, XXIV, 1907, 97) des sphérolites à allongement négatif, mais pas de cristaux de quartz.

(2) *Arch. sc. phys. et nat.*, Genève, XVIII, 1904.

est de 1050° C. (1). Les fils étirés gardent intacts dans leur masse les cristaux préexistants, dont les arêtes restent vives.

On voit donc, d'après ces expériences, que la température à laquelle le verre de l'andésite se consolide entièrement est supérieure à la température critique de formation du quartz. Il est vrai que, dans le dôme, la température de fusion a dû ou pu être abaissée par l'existence de la vapeur d'eau et par la pression ; mais il est peu probable que ces conditions aient été suffisantes pour modifier profondément les nombres qui viennent d'être indiqués. Il faut remarquer, du reste, que ceux-ci constituent des minima ; en effet, ils ont été pris sur un échantillon d'obsidienne andésitique, dont le verre renfermait à peine quelques cristallites, tandis que le quartz s'est produit aux dépens du résidu laissé par ce même verre après la cristallisation de nombreux microlites d'hypersthène, de plagioclases et de magnétite (2) et par suite aux dépens d'une matière vitreuse presque uniquement constituée par de la silice.

Il paraît donc assez vraisemblable que la cristallisation du quartz a dû s'effectuer en milieu solide. Mais, ce minéral étant toujours associé à la tridymite, faut-il admettre qu'il provient de la transformation incomplète de celle-ci, par suite d'un recuit à une température inférieure à 800° C. ? Ou bien n'est-il pas préférable de supposer l'intervention d'une réaction du genre de celles qui ont permis jadis à Daubrée (3), à Friedel et Sarasin (4), puis tout récemment à MM. J. Königsberger et Wolf. Müller (5) et à M. E. Baur (6), d'obtenir du quartz cristallisé par l'action de l'eau surchauffée sur un verre silicaté ou sur des produits analogues, mais d'une réaction s'exerçant

(1) La température de 1150° C., que j'ai donnée antérieurement [p. 156], a été obtenue au cours d'expériences, dans lesquelles on avait cherché à réaliser un degré de fluidité plus grand que celui obtenu au cours des essais de M. Brun. Dans la discussion de la température maxima que ne devait sans doute pas dépasser la lave encore fluide de l'intérieur du dôme [p. 358], par suite de l'existence des phénocristaux de plagioclases, j'ai admis pour le point de fusion du labrador 1210° C., d'après les expériences de M. Dœlter : les récentes mesures de MM. Day et Allen (*Carnegie Instit. Washington*, n° 31, 1905), qui paraissent très précises, montrent qu'il faut sans doute relever ce nombre ($An = 1532^\circ$; $Ab_1 An_5 = 1500^\circ$, $Ab_1 An_1 = 1449^\circ$ C.).

(2) Le verre en question est celui dont j'ai donné l'analyse [p. 517] ; il renferme 73 p. 100 de SiO_2 . La quantité de silice nécessaire pour saturer l'alumine, la chaux, la magnésie, les alcalis, et donner les cristallites, dont il est question ici, est de 36 p. 100 : il reste ensuite après cette cristallisation 37 p. 100 de SiO_2 libre.

(3) *Ann. Mines*, XII, 1857, 289.

(4) *Bull. Soc. minér.*, II, 1879, 113.

(5) *Centralblatt für Min. Geol. u. Paleont.*, 1906, 339 et 353.

(6) *Zeitschr. phys. Chem.*, XLII, 567.

cependant à plus haute température, puisque l'observation directe a montré que les roches quartzifères qui constituaient les aiguilles de 1904-1905 venaient au jour à la température du rouge.

Cette dernière hypothèse est la plus plausible, car elle me paraît seule de nature à expliquer une particularité assez embarrassante, que j'ai observée d'une façon constante dans les enclaves homogènes plésiomorphes (1). On a vu plus haut que celles qui sont englobées dans l'andésite quartzifère renferment une quantité considérable de tridymite; ce minéral y remplit tous les intervalles des feldspaths et des pyroxènes et épigénise souvent le verre. Si le quartz de l'andésite résultait de la transformation de la tridymite, effectuée au-dessous de 800° C., on devrait constater une semblable transformation dans les enclaves homogènes; or elle ne s'y observe pas. Les plages de micropegmatite, décrites plus haut, y constituent une exception et ne présentent pas de relation apparente avec la tridymite.

Dans mon hypothèse, la tridymite se serait produite tout d'abord à haute température par transformation d'une partie du verre, soit par recuit, soit par l'action de la vapeur d'eau sur le magma solidifié et vraisemblablement par les deux procédés; puis le refroidissement de la roche se poursuivant à partir de la température critique de 760° C., l'attaque, sous l'influence de cette vapeur d'eau, de la partie encore vitreuse du magma, n'aurait plus fourni que du quartz.

L'existence de la tridymite dans les enclaves et du quartz dans la roche englobante serait difficilement compréhensible dans l'hypothèse d'une cristallisation du quartz par simple recuit: c'est cette considération surtout qui m'a conduit à la théorie que je viens d'exposer. Mais, si l'on ne veut pas l'admettre et si l'on regarde comme plus vraisemblable la genèse par cristallisation dans un verre encore visqueux, on peut trouver un argument pour défendre cette opinion dans de récentes expériences de M. Quensel (1). Ce savant a opéré par la méthode de M. Morozewicz sur un mélange d'oligoclase et de quartz, mais il a soumis le verre fondu [à une température (2) qu'il estime à 900° C.] à l'action de la vapeur d'eau surchauffée, amenée dans le creuset par une tuyère chauffée au rouge. Il a obtenu ainsi du

(1) *Centralblatt für Min. Geol. Paleont.*, 1906, 657 et 758.

(2) Cette température concorde avec les données de M. Dælter, mais diffère de celle admise plus haut d'après les travaux des savants américains.

quartz au bout de peu d'heures, tandis que M. Morozewicz a dû prolonger le recuit pendant un mois. En opérant sur un verre dépourvu d'anhydride tungstique, on n'a obtenu que des cristaux ultramicroscopiques de quartz.

Quoi qu'il en soit de cette question théorique, il est vraisemblable que, si l'on pouvait atteindre les régions plus profondes du dôme, dans lesquelles le refroidissement du magma se poursuit lentement, on trouverait des types de moins en moins tridymiteux et de plus en plus quartzeux, parce qu'alors la tridymite, à son tour, doit se transformer elle-même en quartz. Dans ces régions, les enclaves homogènes plésiomorphes sont sans doute aussi quartzieuses, au lieu d'être riches en tridymite, comme celles, plus voisines de la surface, qui ont été refroidies plus vite et sont restées soumises moins longtemps à l'action des minéralisateurs agissant à la température et aussi à la pression convenables; elles doivent constituer des norites quartzifères à quartz granitique.

Cette hypothèse sur la variation des types pétrographiques n'est pas une simple vue de l'esprit; elle est basée sur des observations faites antérieurement dans une autre région volcanique. J'ai en effet décrit, il y a quelques années, sous le nom de *microtiniles* (1), des roches abondant dans les tufs des grandes explosions anciennes de l'île de Phira (Santorin). Je les considère comme liées aux andésites dacitiques, qu'elles accompagnent, par les mêmes relations que celles unissant les enclaves homogènes de la Montagne Pelée à la lave récente. Il existe deux types extrêmes, l'un riche en tridymite et dépourvu de quartz, l'autre abondamment pourvu en quartz et privé de tridymite; enfin des termes mixtes renferment à la fois les deux formes de silice; la micropegmatite n'est pas rare dans les uns et les autres.

Ces diverses roches représentent, à mes yeux, les étapes successives des transformations dont je suppose la production à l'intérieur du dôme de la Montagne Pelée. Si une éruption explosive venait, dans l'avenir, partiellement entamer celui-ci, il y aurait donc un intérêt capital à en étudier les débris à ce point de vue; les échantillons microgranitiques (*micronorites*) que j'ai recueillis sur l'emplacement du lac des Palmistes, après l'éruption du 20 août 1902, rendent très probable que cet examen fournirait la vérification de la théorie que je viens d'exposer.

(1) *Comptes rendus*, CXXX, 1900, 348, et *Ibid.*, CXL, 1903, 971.

En résumé, le mécanisme que je suppose pour la cristallisation du quartz, par une sorte de phénomène secondaire immédiat, c'est-à-dire par un *mode* distinct de celui de la fusion purement ignée, qui a joué le rôle principal dans la genèse de tous les autres éléments de la roche, ce mécanisme est du même ordre que celui dont j'ai montré la grande généralité par l'étude (1) des modifications métamorphiques subies par les blocs des récentes éruptions du Vésuve et par l'étude des phénomènes d'auto-pneumatolyse que présentent tant de roches éruptives variées.

Il est d'une importance capitale pour l'histoire des roches quartzifères de constater que la cristallisation d'une roche à pâte riche en quartz, presque holocristalline, peut se produire, sinon à l'air libre, du moins à une faible distance de celui-ci. Tant que l'andésite à pâte quartzifère n'avait été observée que parmi les produits éboulés d'aiguilles en voie d'extrusion, on pouvait, en effet, supposer que la portion du magma, ainsi poussée au jour, avait cristallisé dans l'intérieur du dôme, à une profondeur assez grande ; mais la rapidité avec laquelle la carapace brusquement refroidie a disparu des régions élevées de l'édifice récent démontre que celle-ci n'a été que très mince et que, par suite, la cristallisation des roches à quartz libre, qui affleurent partout aujourd'hui sur les crêtes, a été presque superficielle.

§ V. — Quelques dômes d'origine similaire.

En terminant l'exposé de mes observations sur le dôme, j'ai indiqué [p. 158] la vraisemblance de leur portée générale pour l'explication du mécanisme de l'édification d'un grand nombre de montagnes volcaniques à forme de dômes dépourvus de cratère. J'ai indiqué alors qu'il me semblait nécessaire de procéder sans hâte et de n'accepter une comparaison avec la Montagne Pelée qu'après avoir à nouveau minutieusement étudié, à ce point de vue, chaque cas particulier. C'est ce que j'ai fait pour ceux dont je vais m'occuper exclusivement ci-dessous.

Une semblable origine me paraît très vraisemblable aussi pour un certain nombre de dômes phonolitiques du Cantal et du Mont-Dore, ainsi que pour le piton trachytique du Capucin, au Mont-Dore. Mais, après nouvel

(1) Étude minéralogique des produits silicatés de la récente éruption du Vésuve (*Nouvelles Archives du Muséum*, IX, 1907, 1-172, pl. I à X).

examen attentif sur place, je n'ai pu trouver de preuve décisive à l'appui de cette opinion ; les phénomènes d'érosion ont trop modifié leur forme, de telle sorte qu'il n'est pas possible de démontrer que l'on ne se trouve pas en présence d'énormes dykes ou de masses intrusives décapées.

1° *Les dômes anciens de la Martinique.*

Je puis maintenant apporter plus de précision au sujet du mode de formation probable des pitons du Carbet, dont, à plusieurs reprises, je me suis occupé incidemment.

La figure 280 montre la forme conique caractéristique de ces pitons, au sommet dénudé, rappelant certaines montagnes phonolitiques du Massif central de la France (1). Ils se dressent au milieu de la végétation tropicale, avec des parois presque lisses, absolument dépourvues de verdure, dont la pente dépasse souvent 50° et qui



Fig. 280. — Les pitons dacitiques du Carbet, vus de l'Observatoire du Morne des Cadets. Au premier plan, l'arête rocheuse du Morne Vert (janvier 1903).

sont même verticales par place. Tous ces pitons sont constitués par la même roche, une dacite à gros phénocristaux de quartz [p. 557], que l'on rencontre sans modifications macroscopiques notables sur près de 7^{km}.5, le long de la route de la Trace qui traverse le massif. L'examen microscopique montre cependant qu'il faut y distinguer trois types structurels, respectivement homologues des types obsidiennique, microlitique feldspathique et quartzifère de l'andésite récente de la Montagne Pelée.

Le type dominant est le quartzifère ; et l'on y trouve tous les passages possibles entre des échantillons renfermant encore un peu de verre et d'autres parfaitement microgrenus. Toutes les observations faites conduisent donc à

(1) Le groupement des pitons de trachyte phonolitique du Griou, du Griounot et de L'Uclade, dans le Cantal, notamment rappelle celui des pitons du Carbet.

comparer les pitons en question au dôme de l'éruption actuelle, bien qu'ils présentent des dimensions considérablement plus grandes (1).

Leur âge est indéterminé, mais vraisemblablement assez ancien (tertiaire supérieur ou pléistocène); il permet de comprendre les causes de la régularisation de leur forme par écroulement de leur carapace superficielle, dont la dacite vitreuse ou microlitique constitue des débris. La disparition de ces formes de refroidissement brusque a déterminé sur de vastes surfaces la mise à nu de la partie centrale, à pâte quartzifère; ces phénomènes d'érosion ont été activés dans la région basse des pitons par l'intense altération due à l'influence de la végétation.

L'hypothèse que je viens de formuler est confirmée par la considération de deux autres gisements dacitiques, situés au Sud de la Martinique et dans lesquels l'érosion a été beaucoup plus intense encore; ils constituent en effet deux îlots battus par la mer: l'un est le Gros Ilet, dans la rade de Fort-de-France; l'autre le Rocher du Diamant (2), sur la côte méridionale de l'île. La dacite microlitique n'est qu'un accident rare au rocher du Diamant; elle n'existe plus au Gros Ilet, plus ruiné, dont la dacite a une pâte presque uniformément microgrenue.

Peut-être faut-il interpréter de la même façon le Piton Pierreux à forme de dôme, de la partie Nord-Ouest du massif de la Montagne Pelée, et le Morne Bigot, dans l'extrémité Sud-Ouest de la Martinique, qui sont constitués par des andésites à pâte quartzifère microgrenue [p. 560 et 563].

2° *Le dôme de la Guadeloupe.*

Le profil du dôme de la Montagne Pelée, représenté par la figure 245, offre de remarquables traits de ressemblance avec celui du dôme de la Soufrière de la Guadeloupe (3).

Cette analogie, que j'ai indiquée déjà [p. 160], sans y insister, n'est pas simplement superficielle. Comme le dôme de la Montagne Pelée, celui de la Guadeloupe se dresse d'un seul jet (fig. 281) d'une plate-forme, entourée

(1) Voir [p. 558] pour la description des brèches de friction que j'y ai observées.

(2) Le petit Piton de Sainte-Lucie, dont la forme rappelle celle du Rocher du Diamant, est formé aussi par une dacite à pâte quartzifère [p. 591].

(3) M. Ed. O. Hovey a publié une note intéressante sur la Soufrière de la Guadeloupe (*Bull. amer. geogr. Soc.*, sept. 1904), dans laquelle il a donné plusieurs bonnes photographies.

d'éminences assez élevées. Sa hauteur moyenne est d'environ 300 mètres ; il mesure 950 mètres de diamètre de base et se termine par un plateau inégal d'environ 350 mètres de plus grande dimension. C'est là, il est vrai, une différence, mais de second ordre, avec le dôme de la Montagne Pelée, au sommet duquel ne se trouve qu'une minuscule partie à peu près plane.



Fig. 281. — Le dôme de la Soufrière vu du Camp Jacob (1).

Ce dôme est essentiellement constitué par des roches continues, entrecoupées de matériaux détritiques ; ses pentes sont très raides (fig. 282), dépassant souvent 40° , se dressant par places en falaises inaccessibles (fig. 283 et 284).

Grâce à son ancienneté et au régime climatérique du pays, il est en partie envahi par une végétation herbacée touffue, mais, en de nombreux points, on voit affleurer la roche à vif, et les falaises du cratère du Nord par exemple (fig. 283) rappellent par leur aspect les rochers fissurés de la Montagne Pelée, représentés par la figure 273.

La petite fente à parois verticales de la figure 272 est l'équivalent minuscule de cette large fissure de la Soufrière, appelée la Grande Faille (fig. 284),

(1) Cette photographie et les suivantes m'ont été communiquées par M. Le Boucher.

que limitent des parois verticales grossièrement colonnaires et du fond de laquelle sortent d'actives fumerolles sulfhydriques (lac de Soufre).



Fig. 282. — Le flanc Sud-Ouest du dôme et ses crevasses. Photographie faite de la Savane Lignièrès.

de ces rochers pointus comme les homologues des aiguilles éphémères du dôme de la Montagne Pelée. Bien que leur forme originelle ait dû, depuis long-



Fig. 283. — La falaise du Pont du Nord.

temps, être altérée par des écroulements, leur similitude d'aspect est encore frappante; tel est par exemple le piton Dolomieu, dont la silhouette [fig. 7, p. 58] est remarquablement analogue à celle de l'aiguille de septembre 1904 [fig. 237, p. 639]. La texture un peu scoriacée de la labradorite de la Guadeloupe est probablement la cause pour laquelle cette roche est moins fendillée que celle de la Montagne Pelée, et c'est sans doute à

Le sommet de la Soufrière est constitué par un plateau, creusé de cavités irrégulières et de fentes, hérissé de pointes rocheuses (fig. 285), de rochers et de blocs épars, formés par les débris de ces derniers (fig. 286). Il n'est pas téméraire de considérer certains

de ces rochers pointus comme les homologues des aiguilles éphémères du dôme de la Montagne Pelée. Bien que leur forme originelle ait dû, depuis longtemps, être altérée par des écroulements, leur similitude d'aspect est encore frappante; tel est par exemple le piton Dolomieu, dont la silhouette [fig. 7, p. 58] est remarquablement analogue à celle de l'aiguille de septembre 1904 [fig. 237, p. 639]. La texture un peu scoriacée de la labradorite de la Guadeloupe est probablement la cause pour laquelle cette roche est moins fendillée que celle de la Montagne Pelée, et c'est sans doute à

cela qu'est due la persistance des aspérités du sommet de la Soufrière. Il est vrai, d'ailleurs, que la forme de la montagne a dû, elle aussi, considérablement changer depuis la cessation de l'activité éruptive. C'est ainsi, par exemple, que, lors de l'éruption de 1797, l'un des pointements les plus élevés, le piton Breislak, s'est en grande partie écroulé.

J'ai insisté sur les analogies, il me reste à parler d'une différence de structure existant entre ce dôme et celui de la Montagne Pelée et qui est à ajouter à celle résultant de l'existence du large plateau terminal; elle réside dans l'abondance des fentes (fig. 282; voir aussi la carte de la fig. 8 [p. 59]); l'une d'elles traverse même la montagne presque de part

en part et de haut en bas. Il n'est pas certain, d'ailleurs, que ce trait de structure soit entièrement

originel. La formation du dôme est en effet antérieure à la découverte de l'île; nous n'avons aucune notion sur son âge, mais nous savons que, depuis le xvii^e siècle, il a été le siège de plusieurs petites éruptions et que l'une de ses fentes a été ouverte ou tout au moins agrandie au cours de celle de 1797. Il est donc fort possible que les autres

fentes aient été ouvertes, elles aussi, postérieurement à l'éruption, qui a



Fig. 284. — Les falaises prismatiques de la Grande Faille. Au fond de la fissure, se trouve la fumerolette dite « lac de Soufre ».



Fig. 285. — Les aiguilles de la Porte d'Enfer.

donné naissance au dôme, dont les traits principaux de structure ont, selon toute vraisemblance, été l'œuvre d'une éruption unique.

Les éruptions historiques, sur lesquelles j'ai réuni tous les documents connus [p. 52], ont été réduites à des phénomènes explosifs; il faut certainement leur attribuer une partie des matériaux de projection, mélangés aux produits d'éroulement, que l'on observe sur le plateau terminal (fig. 286) et sur les pentes du dôme. La végétation herbacée



Fig. 286. — La plate-forme du sommet du dôme avec les fumerolles Napoléon en activité et, par derrière, les restes du Piton Breislak.

qui les recouvre presque partout rend d'ailleurs difficile leur étude détaillée.

Les derniers restes d'activité se manifestent par quelques fumerolles sulfhydriques localisées. Il sera intéressant, dans l'avenir, de suivre l'évolution des fumerolles de la Montagne Pelée, dont, pour l'instant, le plus grand nombre résultent simplement du lent refroidissement de la lave récente et sont distribuées un peu partout; peut-être quelques-unes d'entre elles deviendront-elles persistantes, comme celles de l'île voisine.

3° *Les dômes de la Chaîne des Puys.*

Le contraste si remarquable existant entre la forme des dômes trachytiques, dépourvus de cratère, et les cônes basaltiques, à cratère régulier, de la Chaîne des Puys a frappé les premiers géologues, observateurs de l'Auvergne volcanique. Nombreuses et souvent singulières ont été depuis lors les explications imaginées par eux pour rendre compte de cette différence; je ne m'y attarderai pas.

Poulett Scrope est le premier qui ait fourni (1) une notion satisfaisante

(1) *Considerations on volcanos*, London, 1825-1895, et *The geology and extinct volcanos of Central France*, London, 1858, 45, 2^e édit. d'un ouvrage paru en 1827.

sur ce sujet, en émettant l'idée que ces dômes ont été formés par l'accumulation sur place, au voisinage d'une bouche de sortie, d'un magma trop peu fluide pour pouvoir s'écouler au loin, à la manière des basaltes voisins. Il n'a pas essayé de préciser davantage, la structure du Puy de Dôme ne lui paraissant fournir aucune indication à cet égard.

Ce n'est que beaucoup plus tard, en 1890, que M. Michel-Lévy (1) a repris cette question et montré que la forme de ces édifices volcaniques doit être considérée comme primaire, car, dit-il, « les érosions un peu importantes auraient endommagé la forme de ces buttes si régulièrement pro-



Fig. 287. — Le Puy de Dôme vu de Laschamps (Photographie de M. Boule) (2).

filées ; le travail des eaux n'a dû enlever que les projections les plus meubles ». Il a fait en outre sur leur mode de formation l'hypothèse suivante : « La dômite est *une roche intrusive de surface*, comme une partie des dômes acides des Hébrides, c'est-à-dire qu'elle n'a pas coulé à la façon des roches d'épanchement, mais qu'elle s'est accumulée sous les couches de projection les plus superficielles. »

Les observations faites aux Antilles montrent que ces conclusions sont justifiées, mais qu'il est probablement nécessaire de leur faire subir une modification de détail.

(1) *Bull. soc. géol. France*, XVIII, 1890, 709.

(2) *Guide du touriste*, Puy de Dôme, p. 267, Masson.

LACROIX. — Montagne Pelée.

Le Puy de Dôme, qui peut être pris pour exemple et dont la figure 287 montre les pentes abruptes, est constitué en partie par des rochers continus de trachyte (dômite), aux escarpements précipiteux, dans lesquels on trouve des points de ressemblance avec certaines des falaises des dômes de la Montagne Pelée et de la Guadeloupe.

En divers endroits, et notamment sur les flancs oriental et occidental, le trachyte est remplacé par des roches détritiques de même nature; celles-ci ont été considérées jusqu'à présent comme des produits de projection. Cette interprétation est en partie exacte; on y trouve en effet, mélangés à des cendres, des bombes vulcaniennes typiques, de nombreux blocs des roches constituant le substratum [basaltes, granites (1), cornéennes, etc.], plus ou moins modifiées par fusion; ces blocs sont libres ou enveloppés par le trachyte. Cependant, je ne pense pas qu'il faille généraliser d'une façon absolue; localement, en effet, ces matériaux détritiques forment de véritables brèches (2), qui doivent être comparées aux brèches d'écroulement de la Montagne Pelée, plutôt qu'à ses brèches de friction. Cette interprétation n'est pas douteuse pour celles qui peuvent être étudiées dans les carrières ouvertes au pied d'un autre dôme, celui du Grand Sarcouy, où elles sont en contact avec le trachyte massif.

Il existe donc une analogie évidente entre la constitution du Puy de Dôme et celle des dômes des Antilles: l'abondance des produits de projection le rapproche particulièrement de celui de la Guadeloupe. Mais, par suite de son antiquité beaucoup plus grande (pliocène supérieur ou pleistocène), les aspérités dont, selon toutes vraisemblances, il a été originellement couvert, ont peu à peu disparu, et l'érosion, pour n'avoir pas été sans doute fort intense, n'en a pas moins commencé son œuvre (3).

Le mécanisme observé à la Martinique suffit pour interpréter tous ces traits de structure, et, au lieu d'imaginer que le magma a fait intrusion sous un cône de projection, aujourd'hui plus ou moins entamé, il paraît plus conforme aux faits observés récemment aux Antilles d'admettre qu'il est

(1) Au point de vue de l'histoire de la science, ces nombreuses enclaves granitiques fondues ont un grand intérêt; il est bien vraisemblable qu'elles ont dû suggérer à Dolomieu, à la fin du XVIII^e siècle, sa théorie de la formation des trachytes par fusion de granites préexistants.

(2) M. Michel-Lévy a signalé (*op. cit.*, 710) la structure bréchiforme de la dômite dans les lacets du chemin conduisant à l'Observatoire.

(3) Le peu de variations constaté dans la cristallinité des dômites est un argument en faveur de la faiblesse de l'intensité de cette érosion.

venu au jour à l'air libre, avec accompagnement de phases explosives vulcaniennes, dont les produits retombaient sur les escarpements de lave en voie de formation, se mélangeant ainsi au résultat de leur démolition tranquille, consécutive au refroidissement. La proportion de ces matériaux projetés est très variable dans les divers dômes de la Chaîne, plus grande par exemple au Petit Suchet et au Clierzou qu'au Puy de Dôme.

Je puis d'ailleurs invoquer un argument minéralogique en faveur de mon hypothèse. M. Michel-Lévy a bien mis en évidence tous les traits de la structure microscopique des dômites, qui est caractérisée par la forme des microlites d'orthose et par une grande richesse en verre : ces roches portent en elles la trace incontestable d'un refroidissement rapide. On peut utilement les comparer, à cet égard, au trachyte de la dernière éruption de Vulcano, dont les conditions d'émission sont bien établies ; celui-ci n'a pas constitué de dôme, il est venu seulement jusqu'au voisinage de la bouche de sortie, d'où il a été expulsé par les violentes explosions vulcaniennes, qui ont fourni de nombreuses bombes à centre ponceux ; or, malgré la proximité de la surface à laquelle s'est effectuée cette consolidation, la cristallinité du trachyte résultant est plus grande que celle du type moyen de dômite.

Cette structure de la roche du Puy de Dôme et des gisements similaires de la chaîne des Puy s'explique fort bien dans mon hypothèse ; elle ne serait guère compréhensible, au contraire, si la dômite était d'origine intrusive, même superficielle. Un tel mode de mise en place, en effet, implique nécessairement un refroidissement lent avec quelque pression ; l'exemple de l'andésite de la Montagne Pelée montre comment la structure d'une roche consolidée dans de semblables conditions diffère de celle de la même roche refroidie rapidement, au contact de l'atmosphère ; or, au point de vue structurel, la dômite ne peut être comparée qu'aux formes les moins cristallines de l'andésite de l'éruption de 1902.

4° Les phénomènes de soulèvement du Puy Chopine et une hypothèse sur l'origine de l'aiguille de la Montagne Pelée.

Le dôme du Puy Chopine, entouré par le cône basaltique du Puy des Gouttes, présente une particularité remarquable, bien mise en lumière et

interprétée par Poulett Scrope et par M. Michel-Lévy, dans les travaux auxquels je viens de faire allusion.

Il supporte un grand lambeau de granite à amphibole, lui-même en contact avec des schistes micacés métamorphiques.

C'est la reproduction d'un fait signalé par Abich (1) en Arménie, où, dans le grand cratère du Palandokän, au Sud d'Erzeroum, on voit des pointements de calcaire, de gypse, de serpentine, de schistes et de gabbros émerger d'agglomérats trachytiques.

L'explication à donner d'une semblable structure n'est pas douteuse : il s'agit là de lambeaux du substratum, soulevés par le magma au moment de sa venue au jour ; au Puy Chopine, ils sont constitués par les mêmes roches que celles trouvées en blocs parmi les produits de projection du Puy de Dôme.

M. Heilprin s'est appuyé sur ces faits pour défendre [246] sa théorie du mode de formation de la grande aiguille (1903) de la Montagne Pelée. Admettant que le dôme n'était tout d'abord qu'un cône de débris, hypothèse dont j'ai montré ailleurs l'inexactitude, il suppose que l'aiguille (*tower*) a pour origine un vieux *dyke* (2), formé lui-même jadis par remplissage de la cheminée d'une antique éruption. Ce dyke aurait été réchauffé par des gaz venant de la profondeur, injecté par le magma neuf, puis détaché de ses parois, entraîné tout d'une pièce et enfin poussé à travers le cône de débris.

Il est facile de voir que cette comparaison avec les faits observés au Puy Chopine et au Palandokän n'est pas légitime ; dans ces deux derniers cas, les roches du vieux sol ont constitué un obstacle, rencontré par le magma au début de son émission, puis entraîné par lui.

L'apparition de la grande aiguille de la Montagne Pelée, au contraire, a été un phénomène tardif, survenu six mois après le début de l'éruption, alors que le dôme avait déjà acquis ses caractéristiques essentielles. En admettant même que l'on passe sur les difficultés de tout genre que soulève le mécanisme imaginé par M. Heilprin, l'on ne comprendrait guère comment une semblable colonne de lave, à laquelle il faudrait attribuer une hauteur de plus de 800 mètres, aurait pu n'être amenée au jour qu'après

(1) *Geol. Forschungen in den Kaukasischen Ländern*, II : Geologie des armenischen Hochlandes, 1. Westhälfte, 1882, 76.

(2) « An ancient neck-core, which under enormous pressure had been lifted from its moorings. »

la sortie de l'énorme quantité de magma neuf qui a édifié le dôme lui-même ; à ce moment, la cheminée devait être depuis longtemps déblayée. Les observations faites à partir de la fin de 1903 ont montré en outre que la production de l'aiguille en discussion n'a été qu'un cas particulier d'un phénomène très général, auquel l'explication de M. Heilprin ne pourrait en tout cas s'appliquer.

Du reste, cette hypothèse, qui fait du dôme et de son aiguille deux choses distinctes, ne tient pas compte d'un fait capital, de leur continuité minéralogique, pas plus d'ailleurs que de cette relation si nette existant entre la structure de la roche, qui a constitué les aiguilles successives, et la vitesse de leur extrusion. Il n'y a donc pas lieu de s'y arrêter, et, si je l'ai discutée aussi longuement, c'est en raison de la notoriété de son auteur, qui a illustré son travail de belles photographies, faites des bords du cratère. Par la date à laquelle elles ont été prises (13 juin 1903), elles viennent s'intercaler au milieu de celles que j'ai publiées : elles représentent l'aiguille au moment où celle-ci avait sensiblement la forme que montre ma figure 50 [p. 141].

§ VI. — Conclusions à tirer de la comparaison des roches quartzifères de la Montagne Pelée et de celles qui constituent quelques laccolites.

Depuis que, dans sa description des Monts Henry, Gilbert a défini les laccolites, on a trouvé, dans les Montagnes Rocheuses (Colorado, Utah, Arizona) et ailleurs, de nombreux autres exemples de ces roches éruptives, injectées dans des assises sédimentaires à divers horizons géologiques et à diverses profondeurs.

M. Whitmann Cross a exposé (1) l'état de la question dans un intéressant mémoire ; il y a en particulier mis en lumière ce fait que, bien que présentant des variations importantes de composition chimique, toutes les roches des laccolites américains ont une composition minéralogique fort voisine et correspondent à un type structural très fixe.

Ce sont des roches à structure porphyrique, dans lesquelles de grands

(1) The laccolitic mountain groups of Colorado, Utah et Arizona (*U. S. Geol. Survey, 24 Annual Report (1892-1893)*, Washington, 1895, 159).

phénocristaux de plagioclases zonés, quelquefois accompagnés d'orthose, avec des cristaux plus petits de hornblende et de biotite (plus rarement d'hypersthène et d'augite) et enfin très souvent des phénocristaux de quartz, sont disséminés dans une pâte d'un gris bleuâtre, essentiellement constituée par du quartz et de l'orthose, avec parfois des plagioclases. La pâte est microgrenue, à éléments plus ou moins fins et souvent très fins. Le quartz est tantôt microgranulitique, et alors englobé par le feldspath (1), et tantôt micropœcilitique; il enveloppe alors ce dernier. Quand il devient plus rare, la roche prend une structure microlitique, et c'est dans ce type qu'apparaissent les plagioclases.

Les dacites laccolitiques du Montana [Little Belt (2) et Elkhorn (3)] possèdent une composition et une structure analogues.

Il existe en France une roche bien connue, le *porphyre bleu de l'Esterel*, ou *esterelite*, qui, par ses caractères, ressemble d'une façon frappante à toutes celles qui viennent d'être énumérées. M. Michel Lévy a montré (4) que son gisement aussi est comparable à celui des laccolites américains; on la trouve en filons-lits, grossièrement intercalés dans le permien, se juxtaposant parfois en grand nombre pour constituer des masses intrusives, dont le toit et le mur présentent un léger métamorphisme; enfin elles forment plus rarement des filons transversaux (5).

Leur structure porphyrique est généralement très nette. Les phénocristaux sont constitués par des plagioclases très zonés (oligoclase à labrador, avec andésine comme type moyen), de la hornblende, enfin accessoirement par

(1) Dans quelques laccolites, l'orthose de la pâte, au lieu de prendre une structure microgrenue, se développe en grands cristaux porphyroïdes, simulant des cristaux porphyriques (analogie avec les grands cristaux d'orthose et de microcline des granites porphyroïdes).

(2) Lindgrèn, *Proc. Calif. Acad. Sc.*, III, 39; et Weed and Pirsson, *Journ. of Geol. Chicago*, 1896, IV, 399.

(3) J. Barrell, *U. S. Geol. Survey*, 22 *Annual Report*, II, 511, Washington, 1902.

(4) *Bull. Carte géol. France*, n° 57, IX, 1897.

(5) L'esterelite (a) est très analogue au point de vue chimique à l'andésite de la Montagne Pelée (b [p. 52]).

	SiO ²	TiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	P ² O ⁵	H ² O.
a	61,58		18,84	4,68		2,04	6,59	4,27	1,49	0,27	1,61 = 101,37
b	61,88	0,31	18,30	1,97	4,32	2,71	6,32	3,17	1,09	0,09	0,19 = 100 35

La seule différence importante réside dans les alcalis, dont le rapport varie peu dans les deux roches, mais dont la somme est de 1,5 p. 100 plus grande dans l'esterelite. Cette différence est suffisante pour entraîner des conséquences minéralogiques importantes. L'esterelite contient, en effet, de la chaux non feldspathisée, ce qui détermine la production de l'amphibole (et plus rarement de l'augite) à la place de l'hypersthène, qui caractérise la roche de la Martinique.

de la magnétite et de l'apatite. La pâte est essentiellement formée par de l'andésine acide, en microlites raccourcis, par de la magnétite et enfin par du quartz à structure microgranitique, microgranulitique ou micropœcilitique. Suivant les gisements, les phénocristaux de quartz sont très abondants ou absents, sans que la composition chimique globale de la roche en subisse une modification notable : un fait du même genre s'observe dans certains laccolites américains. Il faut rapprocher cette particularité de celle que met en évidence la comparaison des andésites récentes de la Montagne Pelée, dépourvues de phénocristaux de quartz, et des dacites du Carbet, riches en quartz bipyramidé, bien que la composition chimique de ces deux roches soit sensiblement la même. De même que les dacites du Gros Ilet et du Diamant renferment parfois un peu de grenat, certains échantillons d'estereélite contiennent accidentellement le même minéral (1).

L'uniformité de la structure microscopique de la pâte de l'estereélite est moindre que dans les roches des laccolites américains, car la dimension des éléments diminue (sur quelques centimètres) dans les bords des massifs et des filons ; mais, là aussi, elle ne paraît pas être influencée par l'importance de la masse rocheuse considérée.

M. Michel-Lévy a signalé, au contact des schistes, la substitution de la biotite à la hornblende et le développement d'orthose dans la pâte : il regarde ces changements de composition comme dus à des phénomènes endomorphes.

A ces roches, il est encore nécessaire de comparer (2) quelques types pétrographiques bien connus, notamment la dacite holocristalline à pâte quartzifère de Kis Sebes (Transylvanie) et celle de Lubowija, en Bosnie-Herzégovine.

Tous les auteurs qui ont discuté le mode de formation des laccolites, et en particulier M. Whitmann Cross, ont insisté à juste titre sur la fixité de la structure des roches qui les constituent, fixité qui est une conséquence de la similitude des conditions de leur consolidation sous une épaisse couche de terrains sédimentaires. Cette sorte de demi-profondeur paraissait être nécessaire à la production de la structure microgrenue,

(1) Les carrières du Dramont renferment des enclaves homœogènes, dioritiques, qui sont les équivalents des enclaves allomorphes antilogues de la lave récente [p. 405] de la Montagne Pelée.

(2) On peut les comparer aussi à la microdiorite silurienne de Quenast et de Lessines, dont les phénocristaux colorés (hypersthène ou augite) sont ouralitisés ou plus profondément transformés.

et M. Rosenbusch n'a pas hésité à ranger(1) toutes ces roches laccolitiques dans ses *Ganggesteine*, en les assimilant avec raison à ses *Dioritporphyrite*.

Il est donc du plus haut intérêt de constater la parenté existant entre la structure de ces roches et celle du type quartzeux de l'andésite récente de la Montagne Pelée. Les phénocristaux de plagioclase de cette dernière sont bien de plus petite taille ; mais cette différence est négligeable, puisqu'elle n'est pas déterminée par les conditions de consolidation de la roche, une fois mise en place. Sans doute, dans celle-ci, il reste généralement un peu de verre (2), mais l'analogie structurelle existant entre elle et les types holocristallins du Carbet, du Diamant et du Gros Ilet est telle qu'il n'est pas douteux que, lorsque les éboulements auront un peu plus décapé le dôme de la Montagne Pelée, des types franchement holocristallins seront mis à découvert. Cela est d'autant plus évident que les explosions du 30 août 1902 ont jeté sur les bords de la caldeira non seulement des blocs arrachés superficiellement au dôme, mais encore d'autres venant de ses parties plus profondes et dans lesquels j'ai observé une série de types, dont la cristallinité augmente progressivement jusqu'à conduire à des roches holocristallines à gros grains [p. 545]. Quelques-unes de ces dernières rappellent les roches du laccolite du Mont Marcellina, décrites par M. Whitmann Cross, dans lesquelles on peut constater le passage de la structure microgrenue porphyrique à la grenue, les éléments de la pâte prenant des dimensions aussi grandes que celles des phénocristaux. Dans ces roches, on voit aussi, comme dans celles de certains laccolites américains, que les phénocristaux ont continué à s'accroître après la mise en place du magma.

La conclusion dernière à tirer de cette similitude est que l'influence de la pression sur la production de la structure microgrenue dans les roches quartzifères est beaucoup moindre qu'on ne l'admet généralement. M. Whitmann Cross a fait remarquer déjà que l'épaisseur plus ou moins grande des couches sédimentaires recouvrant les laccolites des Montagnes Rocheuses n'a pas eu d'influence sur la cristallinité des roches qui consti-

(1) *Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine*. Tiefengesteine. Ganggesteine, 1907, 562.

(2) La pâte de beaucoup des roches des laccolites américains est plus ou moins altérée : les dimensions des grains de quartz sont souvent plus petites que celles du quartz des andésites quartzifères de la Montagne Pelée, et il est fort probable que ces roches ont contenu du verre. Le quartz pœcilitique des roches du laccolite de Ten Mile District (Esk Mountains), que j'ai examinées, enveloppe des microlites de feldspath, comme celui de certaines andésites de la Martinique.

tuent ceux-ci, mais il estime que quelques milliers de pieds sont nécessaires pour que cette cristallisation ait pu s'effectuer (1).

L'éruption de la Montagne Pelée a montré que le minimum indispensable pour l'obtention de ce résultat est infiniment plus faible, puisque la mince carapace brusquement refroidie d'un dôme, *édifié à la surface du sol*, a été suffisante pour jouer le même rôle que l'épaisse couverture sédimentaire des laccolites.

Des observations s'accroissent d'ailleurs depuis plusieurs années pour montrer que, d'une façon générale, les notions anciennes sur la profondeur à laquelle ont cristallisé nombre de roches, dites de profondeur ou de filon, doivent être beaucoup modifiées.

J'ai fait voir récemment (2) comment les tufs de la Somma contiennent en très grande quantité de nombreux types pétrographiques comparables à des roches, connues en place sous forme de filons ou de massifs dans des régions anciennes décapées ; ils ne sauraient provenir d'une bien grande distance de la surface. En effet, certains massifs volcaniques, tels que ceux du Kaiserstuhl et du Katzenbuckel (3), renferment des roches comparables aux précédentes, mais qui s'y voient en place, bien que ces massifs n'aient pas subi d'érosion considérable.

L'étude des Hébrides (4) et de plusieurs régions du Nord-Ouest américain (5) ont mis en évidence des faits plus importants encore pour la question que je discute ici : je veux parler de masses intrusives de roches granitoïdes et même de véritables granites, qui ont traversé et parfois métamorphosé les agglomérats volcaniques crétacés ou tertiaires. Enfin j'ai moi-même trouvé récemment, dans le Massif du Cantal, des roches grenues, syénitiques, monzonitiques, gabbroïques, mises en place au milieu des brèches et conglomérats *miocènes* et *pliocènes* de notre grand volcan.

(1) « The study of the laccolitic rocks makes it plain that the load of tertiary strata above the highest laccolite was sufficient to procure for that mass conditions of cooling identical with those experienced by the lowest, as far as is expressed by the structure of the rocks. We do not know what depth of strata would produce this result, but several thousand feet would seem necessary » (*op. cit.*, 238).

(2) *Nouvelles Archives du Muséum*, 1907, *op. cit.*

(3) Cf. Rosenbusch, *op. cit.*, aux articles *théralite*, *shonkinite*, *tinguaïte*, *camptonite*, *monchiquite*, etc.

(4) Geikie et Teall, et plus récemment, Harker, The tertiary igneous rocks of Skye. *Mem. Geol. Survey United Kingdom*, 1904.

(5) Arnold Hague, Early tertiary volcanos of the Absaroka Range. *Presid. Address Geol. Soc. Washington*, 1899, 23. — J. Barrell, Geol. of the Marysville District (Montana). *U. S. Geol. Survey. Profess. Papers*, n° 57, 1907, 166 ; etc.

CHAPITRE III

LES NUÉES ARDENTES DES ANTILLES ET LES AVALANCHES SÈCHES DU VÉSUVÉ

§ I. — Les divers types d'explosions volcaniques.

Je me suis attaché antérieurement à décrire aussi minutieusement que possible les nuées ardentes, et j'ai cherché à en donner une explication rationnelle.

Je me propose maintenant de discuter quelle place il faut leur assigner parmi les phénomènes explosifs des volcans.

Ceux-ci constituent l'une des caractéristiques essentielles des éruptions. Ils sont déterminés par l'émission violente et brusque de produits gazeux à haute tension, entraînant avec eux des matériaux pâteux ou solides constitués par du magma neuf ou par des débris du vieux sol. Je ne discuterai ici ni leur cause première, ni les réactions qui leur donnent naissance (1); je les considère comme des faits acquis par l'observation, et je veux seulement analyser leurs diverses modalités.

Quelles que soient la nature et l'origine des gaz émis (2), la façon dont ils sont libérés du magma est incontestablement fonction de l'état physique de celui-ci, de sa fluidité ou de sa viscosité plus ou moins grande *au moment de l'éruption*. Ce sont les variations dans cette propriété fondamentale du magma qui entraînent les formes diverses que prend le phénomène explosif.

Je considérerai tout d'abord dans l'ensemble des magmas connus une série de cas, dans lesquels la difficulté d'émission des gaz est de plus en

(1) M. Brun a fait récemment d'intéressantes expériences sur le pouvoir explosif du chlorure d'ammonium, dont la présence est fréquente dans les cendres volcaniques (*Arch. sc. phys. et natur.*, Genève, 1906).

(2) Voir en particulier les récents travaux de M. Armand Gautier (*Bull. soc. chim.*, XXIX, 1903, 1911, *Ann. Mines*, mars 1906; *Comptes rendus*, 1903-1906, etc.).

plus grande par suite de la fluidité de plus en plus faible de la lave fondue. Pour fixer les idées, il est convenable de définir un certain nombre de types choisis parmi les mieux caractérisés.

1° *Type hawaïen.*

De tous les magmas connus, celui qui est épanché dans l'état le plus fluide est celui, basaltique, du Kilauea et du Mauna Loa. Il coule presque comme de l'eau, sous forme d'un liquide opaque, qui conserve une couleur orangée, même en plein jour. Les paroxysmes violents sont des plus rares dans ces volcans à activité continue. L'émission de la lave n'est généralement pas accompagnée de véritables explosions; elle consiste dans la production d'un jet, semblable à celui d'une fontaine, avec dégagement de vapeurs légères.

Les scories, dont l'accumulation forme de petits cônes dans le voisinage des bouches de sortie, sont bulleuses et constituées par du verre noir, qui, malgré sa basicité, possède, à cause de sa texture, une densité apparente peu considérable. D'autres portions de ce magma, entraînées par les vapeurs, fournissent des gouttelettes de verre et ces fils étirés, connus sous le nom de cheveux de Pélé.

On peut désigner ce type sous le nom de *hawaïen* ainsi que l'ont proposé récemment MM. Friedlander et Aguilar (1).

2° *Type strombolien.*

Le magma basaltique, qui alimente le Stromboli, possède une fluidité moins grande que celle du précédent, mais suffisante encore cependant pour que la matière fondue puisse rester en libre communication avec l'atmosphère. Les dégagements gazeux subissent, de la part du magma déjà assez visqueux, une résistance plus grande que dans le cas précédent; aussi sont-ils accompagnés par de violentes explosions, qui lancent dans l'espace des portions de lave pâteuse : celles-ci se déforment dans leur trajet aérien et retombent sur les bords du cratère à l'état imparfaitement consolidé; elles s'y aplatissent alors, comme de la bouse de vache, ou bien elles planent

(1) *Bollet. Soc. nat. Napoli*, XIX, 1906.

dans l'air et retombent sous forme de scories. Ces dernières, quelles que soient leurs dimensions (blocs ou fine poussière), sont limitées par des surfaces fondues, tant qu'on les observe au voisinage de la bouche de sortie,

là où elles n'ont pas pu encore subir une trop énergique usure par suite de leur frottement mutuel.

Les fragments de roches antérieurement consolidées, arrachés par la lave en voie d'ascension et englobés par elle, servent de centre à ces *bombes* à structure piriforme, données dans tous les Traités de Géologie comme exemple des bombes volcaniques, alors qu'elles n'en constituent en réalité qu'un cas particulier.

Je désigne avec M. Mercalli (1) ce type d'explosion sous le nom de *stromboliën*, employant par suite ce terme dans un sens différent de celui (phase d'activité modérée et continue) qu'avait proposé Ch. Sainte-Claire Deville en partant d'une conception imparfaite du dynamisme du Stromboli.



Fig. 288. — Explosion stromboliënne au cratère du Stromboli (13 septembre 1905).

Les projections stromboliënnes, vues de près, sont incandescentes, parfois même en plein jour, ainsi que j'ai pu le constater en septembre 1905 sur les bords du cratère du Stromboli (2). Pendant la nuit, elles constituent d'admirables gerbes de feu, l'un des plus merveilleux spectacles de la Nature, que l'on puisse voir.

Quand le magma est à très haute température, la vapeur d'eau est souvent à peine apparente, comme dans la figure 288. Lorsqu'elle est visible, elle forme des volutes blanches, peu épaisses par suite de la rareté ou de l'absence de matériaux solides finement divisés.

(1) *Bollet. Soc. nat. sism. ital.*, Modena, XII, 1901.

(2) *Comptes rendus*, CLI, 1905, 573.

3° *Type vulcanien.*

Fort différent est le type qui a été réalisé dans toute sa pureté par le volcan trachytique de Vulcano de 1888 à 1890 et que, pour cette raison, M. Mercalli a proposé de nommer *vulcanien*, en restreignant aux phénomènes explosifs l'expression [phase vulcanienne], que Silvestri (1) avait proposée pour définir l'ensemble des phénomènes de cette éruption.

Ce type se produit quand, au moment de l'éruption, le magma éruptif est très visqueux et en particulier quand il peut se consolider plus ou moins complètement à sa surface entre deux explosions ; la matière fondue ne reste donc plus alors en communication libre avec l'atmosphère, comme dans les cas précédents.

Chaque explosion brise de la roche plus ou moins complètement solidifiée, produisant ainsi à ses dépens une quantité énorme de débris anguleux et de poussière fine ; c'est grâce à eux que les nuées des projections vulcaniennes ont des caractères si remarquables. Elles sont constituées par des volutes très denses, opaques, grises ou noires, à contours nets et fouillés, dont on a souvent comparé la forme à celle du chou-fleur ; elles s'élèvent lentement au-dessus du cratère, y restant parfois comme suspendues.

La figure 289 représente un exemple caractéristique d'une explosion vulcanienne riche en cendres de Vulcano (2).

Ces nuées ne sont généralement pas incandescentes ; elles sont d'ordinaire sombres pendant la nuit. Elles sont fréquemment sillonnées d'éclairs, quand la proportion de matériaux solides qu'elles transportent est considérable.

Les lapilli des explosions vulcaniennes n'ont pas de formes arrondies par la fusion, comme ceux des projections stromboliennes ; de plus leur structure n'est pas nécessairement très vitreuse. Leurs contours sont originellement anguleux ; mais, comme dans le cas précédent, ils s'usent rapidement lorsque les petits projectiles qu'ils constituent sont transportés loin des bouches de sortie.

(1) *Comptes rendus*, CLX, 1889, 244.

(2) Il faut rapporter aux explosions vulcaniennes ce que, dans ma description de l'éruption de la Montagne Pelée, j'ai appelé les poussées verticales des paroxysmes [p. 164 et 165]. Les figures 62 et 63 en représentent des exemples, pauvres en matières solides.

Les bombes qui les accompagnent se rapportent aux diverses catégories que j'ai définies à la Montagne Pelée. Les unes, formées par des portions de magma lancées à l'état encore visqueux, ont la *structure en croûte de pain* ; leur centre est ponceux, leur périphérie vitreuse [pl. XXXIII, fig. 1, 2, 5, 6] ; les autres, constituées par des blocs de lave arrachés à l'état complètement ou à peu près complètement consolidé, sont simplement fissurées par le retrait [pl. XXIII, fig. 3], dû à leur brusque refroidissement.



Fig. 289. — Explosion vulcanienne au cratère de Vulcano (Éruption de 1888) (Photographie de Silvestri).

Ces deux types de bombes peuvent se rencontrer dans des éruptions distinctes, mais souvent ils se succèdent dans le temps au cours d'une même éruption ; quand, en effet, le paroxysme est à son comble, le magma est d'ordinaire rejeté à l'état relativement pâteux, tandis

que plus tard, lorsque l'afflux de la profondeur cesse ou diminue, sa consolidation superficielle s'effectue : les blocs projetés sont alors uniquement constitués par des blocs anguleux.

Toutes les fois qu'une explosion se fait en milieu solide, comme cela a lieu par exemple au début d'une éruption, au moment du débouchage d'une cheminée volcanique obturée par un long repos du volcan, les explosions présentent aussi ce caractère vulcanien, que les matériaux transportés soient constitués par des débris du vieux sol ou bien par du magma neuf, comme dans le cas qui vient d'être discuté, ou enfin par le mélange des deux.

4° *Type péleén.*

Il me paraît nécessaire de désigner sous ce nom une variété du type vulcanien qui, bien qu'offrant avec celui-ci de grandes analogies, s'en dis-

tingue par des particularités essentielles. C'est par raison de symétrie que j'emploie ce terme tiré d'une racine géographique pour désigner le genre d'explosions qui produit les *nuées ardentes*. La longue étude que j'en ai faite antérieurement [chap. V et VIII] me permet d'être très bref à leur sujet.

Celles-ci se sont produites aux dépens d'un milieu plus ou moins complètement solidifié ; leur morphologie (Voir les planches) est très analogue à celle des nuées vulcaniennes, mais leur compacité est encore plus grande, car la proportion des matériaux entraînés y est beaucoup plus considérable. Leur caractéristique essentielle réside dans leur marche de haut en bas, avec une vitesse très grande, qui, en raison de leur masse, leur donne une puissance mécanique considérable. Celle-ci, jointe à leur haute température, explique pourquoi les nuées ardentes représentent l'un des agents destructeurs les plus puissants du volcanisme.

Les éruptions de la Montagne Pelée et de Saint-Vincent constituent les deux seuls exemples *étudiés* de ce phénomène, pour l'exacte compréhension duquel il est nécessaire de considérer les deux cas suivants :

1° Le jet de l'explosion est vertical. Les matériaux à haute température, dont le mélange avec les gaz et les vapeurs constitue la nuée, s'élèvent d'abord verticalement, puis, au lieu de se dissiper dans l'atmosphère, après s'être allégés des portions les plus pesantes, comme dans le cas des nuées vulcaniennes, ils retombent lourdement *tout d'une masse*, sur les flancs de la montagne, et roulent sur ses pentes, avec une vitesse accélérée, à la façon d'une avalanche, mais d'une avalanche dont les particularités si caractéristiques sont dues à cet intime mélange, que j'ai comparé à une émulsion, d'éléments gazeux et de produits solides.

Tel a été le cas réalisé par les nuées ardentes de Saint-Vincent et par quelques-unes de celles de la Montagne Pelée. Pour ces dernières, la constitution spéciale du volcan a eu une conséquence capitale ; chaque explosion, comparable à un coup de mine, ouvrait aux matériaux volatils un passage aussitôt obturé ; dans ces conditions, en l'absence d'ouverture permanente, la totalité des matériaux projetés retombaient nécessairement sur le dôme, puis roulaient en bas de la montagne, tandis que, s'il eût existé un cratère béant, comme à Saint-Vincent, une grande partie de ces matériaux y seraient retombés, pour être projetés à nouveau par l'explosion suivante.

2° Le jet de l'explosion est oblique. La nuée, semblable à la précédente, au lieu de suivre une marche verticale pour retomber ensuite sous l'action de la pesanteur, prend dès l'origine une direction de haut en bas; déterminée par la position de l'ouverture de sortie; aussi la force de



Fig. 290. — Brèche de nuées ardentes ravinée par les torrents boueux. Au pied du gros bloc situé au fond, il existait encore une fumerolle, le 24 avril 1904 (Rivière Sèche) (Phot. Lacombe).

projection s'ajoute-t-elle à l'action de la pesanteur, puisqu'elle agit dans le même sens. Ce rôle directeur de l'explosion a eu une importance très inégale dans les diverses nuées étudiées: il a été parfois presque nul.

La production de ce type de nuée ardente a été liée d'une façon intime à la position latérale des points de moindre résistance du dôme, qui servaient de point de départ au phénomène. L'obliquité de la projection a eu pour conséquence de déterminer une dissymétrie dans la distribution des matériaux transportés et par suite dans les désastres produits par l'éruption. La

destruction de Saint-Pierre en est un lugubre exemple (1).

Comme les nuées vulcaniennes, les péléennes augmentent très rapide-

(1) Cette obliquité de la projection n'est pas spéciale aux projections péléennes; on en trouve aussi des exemples dans les projections vulcaniennes; quand j'ai discuté cette question [p. 356], je n'en connaissais que peu d'exemples. L'histoire du Vésuve en fournit d'autres; on peut comparer à cet égard la carte de la figure 57 [p. 223], représentant le secteur dévasté à la Martinique, à la figure 301, représentant la zone de grande destruction des flancs du Vésuve au cours de l'éruption de 1906; dans ce même volcan des phénomènes analogues ont été observés et dans la même direction lors des éruptions de 1631, 1739, 1779, et vers le Sud en 1821 et en 1822 (Mercalli, *op. cit.*, 101).

ment de volume par suite de la dilatation de leurs produits volatils; mais le mouvement ascensionnel qui en résulte se produit non plus au-dessus du point de sortie, mais au cours de la marche descendante sur les flancs du volcan; il s'ensuit donc qu'une nuée péléenne en marche est animée de deux mouvements distincts, l'un de translation horizontale, au ras du sol, l'autre de dilatation verticale.

Quand dans une explosion de ce genre, les blocs de très grande dimension sont expulsés en abondance, ils précèdent l'enveloppe gazeuse formée de matériaux plus légers; ils constituent ainsi l'avalanche incandescente, signalée à de

nombreuses reprises (8 mai, 9 juillet, etc.) sur le front de la nuée.

Une nuée volcanienne est rarement solitaire; les explosions se succèdent



Fig. 291. — Brèches d'écroulement et de nuées ardentes enchevêtrées, remplissant la haute vallée de la Rivière Blanche, au pied de l'échancrure (avril 1904) (Photographie Lacombe).



Fig. 292. — Gros bloc transporté dans la vallée de la Rivière Blanche par une nuée ardente (Photographie Lacombe).

pendant des heures ou des jours, donnant naissance à des bouffées, qui s'emboitent les unes dans les autres, à la façon des jets de vapeur sortant de la cheminée d'une locomotive. A la Martinique, la répétition du phénomène péleén a été observée à plusieurs reprises, mais elle a toujours été exceptionnelle ; dans le cas le plus général, et notamment dans les grandes éruptions, il s'est toujours produit une explosion unique.



Fig. 293. — Cannelures burinées sur les tufs anciens par les nuées ardentes. Falaises situées entre les Rivières Claire et Blanche, à peu près vis-à-vis le Morne Lénard.

Toutes ces propriétés spéciales aux nuées vulcaniennes et aux nuées péleennes entraînent comme conséquence des différences capitales dans la nature des dépôts qu'elles édifient les unes et les autres. Ceux des blocs projetés verticalement par les premières, qui ne retombent pas dans le cratère pour être rejetés par l'explosion suivante, roulent individuellement sur les flancs du volcan, les plus gros restant concentrés près de l'orifice

éruptif. Les matériaux de moindres dimensions subissent aussi un classement par ordre de grosseur ; ils constituent des dépôts plus ou moins stratifiés : leur distribution dans l'espace peut être soumise à de grandes perturbations sous l'influence des vents constants (alizés) ou variables.

Dans le cas des nuées péleennes au contraire, c'est la totalité des matériaux projetés qui se déplace, sans qu'il s'y produise aucun classement ; ainsi s'accumulent des brèches non stratifiées, dans lesquelles on constate la plus extraordinaire disproportion de taille entre les éléments trouvés côte à côte (1). De plus, des monolithes de plusieurs centaines de mètres cubes

(1) Pour l'étude comparative des brèches produites à sec par ces divers processus, je renvoie à mon récent mémoire [261].

peuvent être entraînés à de très grandes distances du centre d'émission, alors qu'il n'en reste pas à son voisinage immédiat (1). Cet entraînement en masse de matériaux à haute température, de calibre très varié, empêche leur refroidissement rapide; aussi les brèches qu'ils constituent conservent-elles pendant longtemps une température fort élevée, entraînant comme conséquence plus ou moins directe la production de ces *fumerolles secondaires*, de ces *phénomènes explosifs secondaires périphériques*, de ces *torrents boueux chauds*, qui ont été si caractéristiques des récentes éruptions des Antilles.

En terminant, je donnerai une photographie (fig. 293), qui met en évidence d'une façon très nette un fait que j'ai décrit antérieurement [p. 217], mais sans le figurer. Il s'agit des cannelures, que les nuées ardentes creusaient sur leur passage, en rabotant les tufs anciens de la vallée de la Rivière Blanche.

5° Continuité des divers types d'explosion.

Les divers types d'explosion qui viennent d'être établis correspondent à des étapes bien définies d'un même phénomène, dépendant de la viscosité de plus en plus grande du magma éruptif et s'étendant jusqu'au cas de consolidation complète de la surface de celui-ci; ils présentent entre eux tous les intermédiaires possibles.

On pourrait à la rigueur les réduire à deux, le type *strombolien* et le *vulcanien*. On pourrait plus facilement encore les multiplier (2), mais sans grand avantage pour la clarté du sujet. Il me semble préférable de ne jamais perdre de vue les conséquences de la continuité des divers degrés de viscosité que peut prendre un même magma en se refroidissant et de se contenter des divisions très générales établies plus haut. On peut d'ailleurs indiquer, s'il y a lieu, qu'une manifestation donnée est intermédiaire entre deux des types qui viennent d'être fixés (*types mixtes*).

M. Mercalli emploie (3) une nomenclature un peu différente. Il distingue les quatre types suivants :

(1) Le seul phénomène de classement observé a consisté dans l'entraînement au loin des gros blocs constituant l'avalanche incandescente; il est par suite inverse de celui qui est réalisé dans le cas des nuées vulcaniennes.

(2) C'est ce qu'ont fait MM. Friedlander et Aguilar (*op. cit.*, 46), qui admettent un type *ultrastrombolien* ou *résuvien*, intermédiaire entre le strombolien et l'hawaïen.

(3) *I vulcani attivi della terra*, Milano, 1907, 119.

1° *Strombolien* ou *hawaïen*, formé par la réunion des types 1 et 2 ;

2° *Mixte*, intermédiaire entre 2 et 3. Les projections sont constituées par un mélange de magma fondu et de matériaux solides ; ce type est fréquent au Vésuve et à Stromboli ;

3° *Vulcanien*, correspond exactement à mon troisième type, mais dans le cas seulement où les roches rejetées appartiennent au magma neuf ;

4° *Ultravulcanien*. Les matériaux rejetés sont entièrement solidifiés et constitués non par du magma neuf, mais par des produits anciens. Ce type comprend donc ce que J. Dana a appelé les éruptions *semivolcaniques* (éruption du Bandaï San, au Japon, par exemple).

L'intérêt de la distinction des types vulcanien et ultravulcanien est surtout d'ordre théorique, car, d'une part, l'origine des matériaux solides rejetés n'affecte en rien les caractères morphologiques du phénomène et, d'une autre, il est parfois bien difficile de démontrer l'existence ou l'absence de magma neuf, quand celui-ci est noyé dans une très grande quantité de matériaux anciens.

Cette difficulté est bien mise en évidence par l'emploi fait par M. Mercalli lui-même de ses divisions vulcanienne et ultravulcanienne. L'éruption du Vésuve en 1906, dont il va être question plus loin, a fourni à partir du 8 avril des explosions, que M. Mercalli appelle, comme moi, vulcaniennes, et cependant, lors du grand paroxysme du 8, le magma neuf ne jouait plus qu'un rôle restreint dans les projections qui ont couvert de débris la montagne ; ce magma n'est plus intervenu dans les projections des jours suivants, qui n'ont lancé que des matériaux anciens, résultant de la démolition des parois de la caldeira. Ces explosions étaient donc par conséquent ultravulcaniennes, d'après la définition même de M. Mercalli.

MM. Friedlander et Aguilar ont employé ce même adjectif, ultravulcanien, avec une signification sens différente, en prenant pour type la dernière éruption du Tangarivo (Te Mari) en Nouvelle-Zélande, qui a rejeté uniquement du magma neuf, entièrement consolidé. Dans ce sens, le milieu de l'éruption du Vulcano (1889) a été vulcanien et la fin (1890) ultravulcanienne, alors que M. Mercalli réserverait cette dernière appellation pour la première phase de l'éruption en 1888, caractérisée par le rejet de matériaux anciens.

Ces exemples montrent qu'il n'y a pas avantage à vouloir trop préciser en multipliant outre mesure les types d'explosions.

§ II. — Un type d'explosion n'est nécessairement lié ni à un magma, ni à un volcan déterminé.

Beaucoup de géologues admettent plus ou moins explicitement que la composition chimique d'un magma exerce un rigoureux déterminisme sur le dynamisme de l'éruption qui l'amène au jour. Les éruptions violentes à caractère explosif, par exemple, sont regardées comme seules possibles avec des magmas acides et par suite caractéristiques de ceux-ci. Cette idée est liée à ce fait d'observation que la fusibilité d'un magma est en rapport avec sa composition chimique ; les magmas très basiques, étant plus fusibles que les acides, sont alors considérés comme pouvant seuls venir au jour dans un état de fluidité suffisant pour permettre le facile échappement de leurs gaz, et les propriétés inverses sont attribuées aux magmas acides.

Ces conclusions trouvent leur vérification dans un très grand nombre de cas, mais elles ne doivent cependant pas être considérées comme absolument générales. Si, en effet, dans toutes les éruptions, la venue au jour du magma se faisait exactement dans les mêmes conditions, il n'est pas douteux qu'une semblable liaison serait nécessaire et l'on pourrait légitimement parler de volcans exclusivement stromboliens et de volcans exclusivement vulcaniens. Mais, en réalité, les choses ne se passent pas d'une façon aussi simple ; le phénomène est lié à des conditions multiples, indépendantes de la composition chimique : vitesse de l'émission, masse et température de la matière épanchée, abondance plus ou moins grande de produits volatils contenus dans le magma et pouvant abaisser son point de fusion, etc. Toutes ces conditions peuvent varier d'une façon indépendante ou en même temps ; elles peuvent varier non seulement suivant les volcans, mais encore dans un seul et même volcan et même dans chacun d'entre eux, au cours d'une même éruption.

Il en résulte qu'une lave très fusible dans le laboratoire peut venir au jour dans le même état physique que des laves très acides, ou *vice versa*. La composition chimique d'un magma indique donc la probabilité d'un mode favori de dynamisme, mais elle n'implique pas à cet égard une nécessité inéluctable ; on peut supposer en outre *a priori* que ce sont les magmas basiques qui

doivent présenter le maximum de variations à cet égard, et c'est ce que l'observation permet de constater, ainsi que je vais le montrer plus loin. L'étude de cette question n'est pas d'ailleurs très aisée ; d'une part, en effet, l'attention des vulcanologistes n'est pas attirée depuis longtemps sur ses détails, et, d'une autre, le nombre des éruptions bien étudiées est peu considérable ; de plus, celles-ci n'embrassent pas tous les types connus de magmas, et certains d'entre eux ne sont représentés que par un nombre infime d'observations.

1° *Les divers types d'explosions dans les divers magmas.*

Le *type hawaïen*, peu fréquent d'ailleurs, n'a été observé jusqu'à présent que dans des volcans à laves basiques (basaltes) ; il a été étudié seulement dans les grands volcans d'Hawaï, fournissant une très grande quantité de lave à très haute température, ainsi qu'à La Réunion.

Le *type strombolien* est plus répandu, c'est celui qui est le type le plus fréquent dans les volcans à laves basiques, *basaltiques* à l'Etna, à Stromboli, en Islande, *leucittéphritiques* au Vésuve [paroxysmes de 1631, 1779 (1), 1822, 5-9 mai 1900 entre autres].

Le *type vulcanien* s'observe au début des éruptions de tous les volcans, dans la période de débouchage des canaux souterrains. Il en résulte que les bombes anguleuses, fissurées par retrait (qui alors sont constituées par des fragments de roches anciennes réchauffées) (2), peuvent être rejetées par tous les volcans ; dans ce cas, elles diffèrent beaucoup des bombes fournies par le magma neuf, quand celui-ci est plus tard émis sous une forme strombolienne.

Les explosions vulcaniennes ont caractérisé les éruptions récentes *rhyolitiques* de Tarawera (1886) et de Tongarivo (Te Mari) (1892-1896), *trachytiques* de Vulcano (1888-1890), *andésitiques* de Santorin (1866-1870), du Krakatau (1883), de Santa-Maria (Guatemala) et de la Montagne Pelée (1902), du Colima (Mexique) (1903), *labradoriques* de Saint-Vincent (1902),

(1) Dans cette éruption, le paroxysme strombolien, comparable à certains points de vue à la partie vulcanienne du paroxysme de 1906, a, lui aussi, en partie anéanti Ottajano, couvrant de projectiles embrasés la ville, dont 60 maisons ont été brûlées (Attumonelli, in Mercalli, *op. cit.*, 126).

(2) C'est ainsi que, tandis que le type habituel des bombes du Vésuve est la bombe piriforme (strombolienne), qui, en 1906, a été fréquente jusqu'au 7 avril au soir, les projections vulcaniennes de la nuit du 7 au 8 comprenaient des blocs fissurés (bombes vulcaniennes du deuxième type défini plus haut) : j'en ai recueilli de très nettes dans le torrent remblayé d'Ottajano.

basaltiques de l'Etna (1865 en particulier), *leucittéphritiques* du Vésuve (mai 1900, avril 1903, 28-30 septembre 1904) : de grandes explosions de ce genre ont même été signalées au Kilauea en 1789 et ont eu lieu à une époque indéterminée au Mauna Loa (1).

Enfin le *type peléen* a été observé dans les volcans *andésitique* de la Montagne Pelée, *labradorique* de Saint-Vincent, *basaltique* de San Jorge, aux Açores.

On voit, d'après cette rapide énumération, qu'un type d'explosion est d'autant moins généralement réalisé et par suite d'autant plus spécialisé au point de vue magmatique qu'il implique une plus grande fluidité du magma. Les trois cas observés du type peléen se rapportent à trois magmas différents, parcourant presque toute la gamme de basicité ; le type vulcanien est connu dans tous les magmas possibles.

Je n'ai, il est vrai, à citer pour les types strombolien et surtout hawaïen que des volcans basaltiques ou leucitiques basiques ; mais il n'est pas inutile de faire remarquer qu'à l'époque actuelle il n'existe, en état d'activité, aucun volcan rhyolitique, trachytique ou andésitique fournissant de grandes coulées comparables à celles que l'on rencontre dans certains volcans éteints de même composition ; nous n'avons donc que des données insuffisantes sur le mode de dynamisme de ceux-ci. La comparaison des cônes de scories et des scories elles-mêmes des andésites et labradorites de la Chaîne des Puys, ayant fourni de longues coulées fluides, avec les cônes basaltiques voisins et avec leurs produits, ne laisse guère de doute au sujet de la probabilité d'explosions stromboliennes au cours de leur production : il n'est pas invraisemblable que celles-ci puissent être fournies à l'occasion par des magmas encore plus acides.

Quoi qu'il en soit, il m'a paru utile d'appeler sur ce point l'attention des observateurs des futures éruptions de roches acides.

2° *Variation du mode d'activité dans l'histoire d'un même volcan.*

L'histoire de nombre de volcans, dans lesquels la composition chimique du magma n'a pas changé sensiblement avec le temps, offre des exemples de variations tout à fait remarquables dans le mode d'activité ; c'est

(1) J. Dana, *Characteristics of volcanoes*, 1890, 246.

là un fait trop connu pour qu'il soit utile d'insister longuement. Je viens de citer le cas du Kilauea, où les variations sont exceptionnelles. Le Vésuve est plus typique à cet égard, puisque, depuis la période historique, il a été le siège de grands paroxysmes uniquement explosifs, puis de types variés d'éruptions effusives, dans lesquelles ce furent tantôt les explosions stromboliennes, tantôt les vulcaniennes qui ont dominé, et d'autres enfin où ces deux types ont joué alternativement un rôle important. Je vais y revenir plus loin.

Je ne retiendrai que l'exemple de la Montagne Pelée, à cause de la netteté de la fixité de la composition chimique du magma, à opposer à l'importance des variations de dynamisme que décèle la structure du volcan prise dans son ensemble. On y voit en effet alterner des coulées épanchées au loin, des tufs, les uns constitués par de formidables couches homogènes de ponces, les autres par des brèches à blocs anguleux d'origine vulcanienne incontestable; enfin la dernière éruption a été caractérisée par la production d'un dôme de lave très visqueuse, édifié autour de la bouche de sortie, et en outre par de violents phénomènes explosifs, vulcaniens et péléens.

3° Variations au cours d'une même éruption.

Les variations ne s'effectuent pas seulement dans des éruptions différentes; elles se produisent parfois au cours d'une même éruption, quand les conditions de venue au jour du magma changent: diminution dans le débit de la matière fondue et par suite refroidissement plus rapide au voisinage de la surface (viscosité plus grande), ou bien évidemment de la cheminée du volcan par suite de la production de coulées latérales et persistance des explosions dans le cratère approfondi, mais privé de communication libre avec le magma, d'où s'échappent cependant encore avec violence des produits volatils. Il peut y avoir balancement entre deux régimes, si les variations dans l'état physique du magma sont discontinues; dans le cas contraire, des explosions vulcaniennes doivent logiquement succéder aux stromboliennes, si celles-ci se sont produites au début.

Je ne parle pas ici bien entendu des phénomènes préliminaires de nettoyage de la cheminée, qui entraînent nécessairement la production des nuées vulcaniennes dont j'ai parlé plus haut, quelle que doive être plus tard la forme du dynamisme du volcan.

L'éruption récente de la Montagne Pelée peut être donnée comme premier exemple, sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage.

Le Stromboli a été choisi comme type pour les explosions *stromboliennes*; mais, au cours de ses paroxysmes, il fournit aussi des explosions mixtes, dans le sens de M. Mercalli, dont les caractères se rapprochent plus ou moins complètement de ceux des explosions vulcaniennes; il se produit même parfois de véritables explosions *vulcaniennes* (fig. 294); mais, dans ce cas, l'état du magma n'est pas seul en jeu; le phénomène explosif détermine la destruction des parois de l'appareil éruptif, et ce sont elles surtout qui fournissent les matériaux solides entraînés.



Fig. 294. — Explosion vulcanienne au cratère du Stromboli, le 13 mai 1907 (Photographie Frank A. Perret).

Dans la description qu'il a donnée de l'éruption de l'Étna, en 1865, M. Fouqué a insisté sur ce que (1) certains cratères voisins lançaient, les uns de la lave liquide, incandescente en plein jour, avec vapeurs presque incolores (projections *stromboliennes*), alors que les autres rejetaient uniquement des matériaux entièrement solidifiés, ainsi qu'un épais mélange de vapeur d'eau et de cendres (explosions *vulcaniennes*). Ces dernières explosions étaient très probablement déterminées par l'obturation de la cheminée, consécutive à la cessation de l'arrivée du magma et de son refroidissement progressif.

Mais c'est la dernière éruption du Vésuve qui fournit l'exemple le plus frappant de cette succession de deux types distincts d'explosions, au cours d'une même éruption. Elle a permis en outre d'étudier une conséquence des explosions vulcaniennes qui est intéressante pour la discussion de l'origine des nuées ardentes des Antilles.

(1) *Comptes rendus*, LX., 1865, 548.

LACROIX. — Montagne Pelée.

§ III. — L'éruption du Vésuve en 1906 (1).

Depuis 1875, le Vésuve était dans un état d'activité presque continu, mais entrecoupé de paroxysmes. A la fin de mai 1905, il s'est produit un redoublement d'activité, se manifestant par des projections au cratère et par une coulée de lave qui s'échappait des parties élevées, Nord-Nord-Ouest, du cône terminal. Cette phase éruptive s'est prolongée jusqu'au

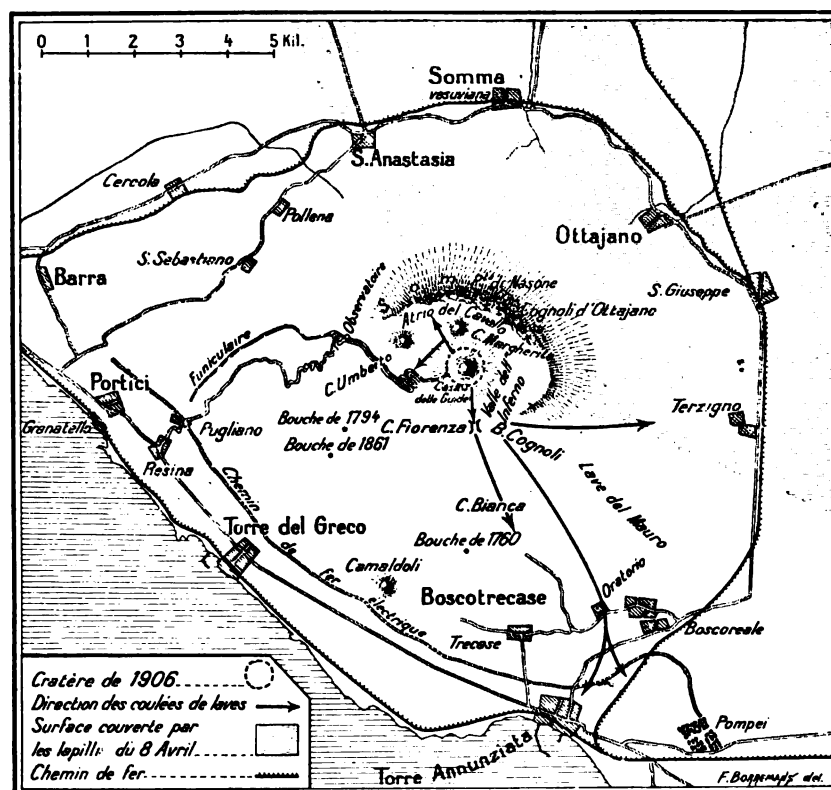


Fig. 295. — Le massif du Vésuve, après l'éruption de 1906.

début d'avril 1906 et s'est terminée par un violent paroxysme, comparable au point de vue du dynamisme à ceux de 1631, de 1779, de 1822 et de 1872.

Ce qui caractérise ce genre de paroxysme, c'est l'épanchement, très rapide et très court, de puissantes coulées de lave, accompagné de phéno-

(1) Pour plus de détails, je renvoie à mes articles : Sur l'éruption du Vésuve en 1906. *Revue générale des Sciences*, 30 octobre et 15 novembre 1906, et *Smithsonian Report for 1906*, Washington, 1907 (223-248, p. I-XIV); on y trouvera la bibliographie des principaux mémoires publiés sur cette éruption, notamment par MM. Alfano, Bassani et Galdieri, Baratta, Mercalli, Sabatini.

mènes explosifs intenses, d'abord *stromboliens*, puis *vulcaniens* ; ces derniers creusent une profonde caldeira et décapitent le cône du volcan, qui avait peu à peu augmenté de hauteur, au cours de la période d'activité modérée précédente.

L'éruption en question a débuté les 4, 5 et 6 avril par l'ouverture successive, sur le flanc méridional du cône et, sauf une exception, à des altitudes de moins en moins élevées (1 220, 800, 600 m.), de nouvelles bouches, d'où sont parties de petites coulées, en même temps que des projections *vulcaniennes* violentes, alternant avec des projections *stromboliennes*, commençaient la démolition du sommet du volcan.

Le 7, à 10 h. 45 du soir, la bouche de 600 mètres a commencé à livrer passage à une coulée considérable de lave très fluide, qui a porté la désolation dans la plaine et ne s'est arrêtée que le lendemain à 4 heures de l'après-midi, à quelques mètres du cimetière de Torre Annunziata, après avoir anéanti une partie du bourg de Boscotrecase (fig. 295), dont les habitants, à l'exception de trois, avaient pu se sauver.

Ce paroxysme a été remarquable par l'intensité des phénomènes explosifs. Le soir du 7, vers 4 h. 30, de violentes détonations se sont fait entendre jusqu'à Naples ; les projections *stromboliennes* incandescentes ont augmenté progressivement d'intensité de 8 heures à 10 h. 45 ; elles se sont élevées après de 2 kilomètres au-dessus du cratère, se succédant à de si brefs intervalles qu'elles semblaient continues et donnaient l'illusion de véritables fontaines de feu. Le sommet du cône, sur une hauteur de 200 à 300 mètres, était recouvert d'une couche ininterrompue de matériaux incandescents, d'où se détachaient sans cesse des blocs, roulant plus bas.

Vers 10 h. 45, au moment où la bouche de Cognoli devenait plus active, le cratère sembla se calmer pendant quelques minutes, puis, subitement, son activité prit un énorme développement. A minuit 31, puis à 2 h. 40 une grande détonation, et des secousses de tremblement de terre ébranlèrent le volcan jusqu'à son pied. Dans cette période, correspondant au maximum du paroxysme, qui de *strombolien* était devenu *vulcanien*, les projections ont apparu de moins en moins incandescentes, pour s'assombrir ensuite complètement.

Une énorme quantité de lapilli, mélangés de quelques blocs, fut rejetée vers le Nord-Est, couvrant un secteur qui s'étend de San Anastasia jusqu'à

Terzigno, avec Ottajano pour centre (fig. 295) ; c'est cette chute de lapilli qui a fait presque toutes les victimes de la catastrophe, dont il sera question plus longuement dans le chapitre suivant.

Il semble que le maximum explosif ait à peu près coïncidé avec le maximum effusif.



Fig. 296. — Explosion vulcanienne au Vésuve. Avril 1906 (Photographie Frank A. Perret).

La projection des lapilli n'a duré que quelques heures, mais en même temps et pendant toute la journée du 8, ainsi que pendant les jours suivants, des éruptions *vulcaniennes* se sont succédé dans le cratère, rejetant des produits solides sur le cône ; d'abord très violentes et continues (fig. 296), elles ont peu à peu diminué d'intensité, puis ne se sont plus renouvelées qu'à des intervalles de plus en plus éloignés.

Pendant les quelques jours qui ont suivi le paroxysme, la montagne a été constamment cachée par un épais nuage de cendres. Quand celui-ci s'est dissipé, on a pu constater que la forme du sommet s'était beaucoup modifiée par suite de la décapitation du cône, accompagnée de l'élargissement et de l'approfondissement du cratère. C'est ce phénomène qui a fourni l'énorme quantité de matériaux rejetés par les explosions vulcaniennes.

En résumé, tant que le cratère est resté en libre communication avec le magma fondu, les gaz qui s'en échappaient ont déterminé des explosions *stromboliennes*. Lorsque le conduit souterrain a été très approfondi à cause de la sortie de la lave par des fentes situées à basse altitude, puis obturé par l'accumulation de matériaux solides, résultant de l'éroulement du sommet du cône dans la profonde caldeira de formation nouvelle (1), les gaz, pour sortir à l'extérieur, ont dû, comme à la Montagne Pelée, rompre une

(1) Il n'est pas possible de savoir dans quelle mesure il faut faire intervenir, en outre, la consolidation partielle de la portion du magma, située au fond de la cheminée du volcan, sous les débris.

barrière. Les explosions se sont ainsi produites en milieu solide; elles sont donc devenues *vulcaniennes*, rejetant à l'extérieur non plus seulement du magma neuf, mais une quantité énorme de matériaux arrachés au vieux sol. Les explosions qui ont suivi le paroxysme ont eu pour résultat de réduire en poussière de plus en plus fine ces produits éboulés et de les rejeter au loin (1).

Ces grandes éruptions vulcaniennes, succédant à d'autres, stromboliennes, au cours d'un même paroxysme, ne constituent pas, d'ailleurs, une particularité spéciale à ce paroxysme; elles paraissent caractéristiques de la plupart des grandes manifestations du même type, sinon de toutes.

§ IV. — Les avalanches sèches du Vésuve.

J'ai désigné sous ce nom (2) des avalanches formées aux dépens des matériaux rejetés sur les flancs du cône par les explosions vulcaniennes. Elles ont été très fréquentes pendant les premiers jours qui ont suivi le paroxysme du 7 au 8 avril.

Leur connaissance est importante en ce qu'elle fournit la possibilité d'étudier des cas avérés d'avalanches, uniquement constituées par des matériaux solides et qui, par suite, sont intéressantes à comparer aux nuées ardentes des Antilles.

Le mécanisme de la production de ces avalanches, formées de matériaux secs et chauds, paraît avoir été complexe; il faut probablement, en effet, y distinguer deux cas, le premier qui est certain, le second qui demande une discussion.

Le premier correspond à ce que j'appellerai les *avalanches produites par décollement*; il m'a été facile d'en suivre les différentes étapes. Le profil du cône est irrégulier; à une petite distance du sommet, sa pente s'accroît;

(1) La période paroxysmale a été en outre caractérisée par des mouvements fréquents du sol, par des phénomènes électriques fort intenses; plus tard, ont apparu des *mosfette*, des torrents boueux, qui ont reproduit les particularités de ceux des Antilles; j'ai consacré à l'étude de ces torrents une note récente [261], dans laquelle on trouvera des photographies de coulées boueuses, possédant une structure encore plus régulière que celle des formations similaires de la Montagne Pelée, parce que les matériaux volcaniques les constituant étaient remarquablement calibrés: une coulée de ce genre est visible sur la figure 318.

(2) *Comptes rendus*, CXLII, 1906, 1244.

c'est à ce niveau que, dans la masse si hétérogène des matériaux récents accumulés à sa surface, se produisaient des décollements, soit par suite d'une simple rupture d'équilibre due à l'action de la pesanteur, soit sous l'influence de trépidations du sol, déterminées par les explosions, soit enfin sous le choc des gros projectiles des explosions vulcaniennes. Le phénomène a été facilité par l'extrême mobilité de la cendre chaude, qui n'était pas moins grande qu'à la Montagne Pelée (1), mais qui était plus facile encore à constater par suite de l'accumulation de cette cendre sur les pentes très raides du cône. Aussi des avalanches se produisaient-elles non seulement aux dépens du mélange de matériaux de dimensions variées, rejetés par le paroxysme, mais aussi à ceux de la cendre fine superficielle, à grain uniforme. Le moindre ébranlement, tel que le choc du pied par exemple, suffisait pour déterminer dans celle-ci la production d'un véritable ruisseau de poussière, à marche rapide.

Ces diverses particularités font comprendre pourquoi ces avalanches sèches ont été en diminuant de fréquence et d'importance à partir du maximum du paroxysme, immédiatement après lequel ont été réalisés le minimum de stabilité des matériaux rejetés, le maximum des trépidations dues aux explosions et enfin le maximum de température des cendres. Huit jours après le paroxysme, le phénomène était très réduit.

Je dois à l'obligeance de M. Brun, qui a été plus heureux que moi en saisissant une de ces avalanches au début de sa marche, la figure 297, donnant leur aspect caractéristique. Au moment du départ, les volutes épaisses de poussière ressemblaient un peu à celles d'une nuée ardente, mais elles perdaient très vite cet aspect ; à l'inverse de celles-ci, elles ne se dilataient

(1) Puisqu'il est question ici de la mobilité de la cendre fine à haute température, dont on ne peut bien comprendre la comparaison avec un liquide, si on ne l'a vue de ses propres yeux, je signalerai une particularité que j'ai constatée sur les champs de matériaux apportés par les quelques nuées, qui n'ont charrié dans la vallée de la Rivière Blanche que des ponces et les produits de leur trituration. En 1904, j'ai omis de relater cette observation. Ce fait n'a pas seulement un intérêt de curiosité, car il déterminait dans les dépôts des nuées ardentes, normalement dépourvus de classement, une sorte de stratification secondaire, dont la signification a besoin d'être démontrée. Immédiatement après le passage de la nuée, le mélange de fine poussière et de fragments de ponce était essentiellement chaotique ; sa surface était irrégulière et la ponce y apparaissait à peine distincte au milieu de la poussière blanche. Mais les éléments fins se tassaient peu à peu, leur ensemble prenait ainsi une densité apparente supérieure à celle de la ponce, dont les fragments venaient former, à la surface, une couche uniforme régulière, comparable à celle produite par des bouchons de liège flottant sur l'eau. Cette surface ponceuse, cachant la poussière sous-jacente encore brûlante, donnait l'illusion d'un terrain solide, dans lequel on enfonçait profondément, si l'on y mettait le pied par mégarde.

pas rapidement dans la direction verticale et ne conservaient pas de contours nets et fouillés. Elles se transformaient immédiatement en un léger nuage de poussière. Par contre, elles étaient semblables aux avalanches de blocs, déterminées parfois dans le talus d'éboulis de la Rivière Blanche par la chute de quelque gros morceau de l'aiguille, et étaient comparables aussi aux nuages de poussière produits sur le bord de la mer ou dans les vallées des Rivières Blanche ou Sèche par les éboulements de cendre chaude, lorsque celle-ci ne tombait

pas dans l'eau. Les ruisseaux de cendre fine des pentes du Vésuve, surmontés parfois d'une légère brume de poussière, m'ont rappelé ceux que nous avons vus, M. Hovey et moi, le 7 mars 1903, dans la vallée de la Wal-



Fig. 297. — Avalanche sèche par décollement, descendant les pentes du cône vésuvien (Photographie faite le 15 avril 1906).

libu (Saint - Vincent). Ils se produisaient aux dépens de falaises de cendres encore fort chaudes, occupant les flancs de la vallée, que l'érosion avait déjà en partie déblayée. M. Hovey a publié une bonne photographie [103, 55] d'un de ces ruisseaux après son arrêt.

Une fois ces avalanches en marche sur les pentes du Vésuve, elles progressaient avec la vitesse accélérée des avalanches de montagne; leur comparaison avec celles que constitue la neige sèche s'impose d'une façon particulière.

Le second mécanisme que je suppose s'applique à d'épaisses trainées de matières solides, qui partaient parfois de la base des nuées vulcaniennes s'élevant du cratère et qui dévalaient rapidement jusqu'en bas du cône. Ces avalanches étaient souvent précédées par de petits nuages discontinus de poussière, dus à de gros blocs roulant plus vite que les matériaux de



Fig. 298. — Explosion volcanique et avalanche sèche, descendant les pentes du cône vésuvien (13 avril 1906).

moindres dimensions et rebondissant sur le sol. Si l'on veut expliquer ces avalanches par le même mécanisme que les précédentes, il faut admettre qu'elles étaient dues à l'éboulement de matériaux antérieurement rejetés par les explosions volcaniques sur les bords du cratère, que cachaient des nuages volcaniques.

Il est peut-être préférable d'admettre, comme je l'ai fait déjà [261], qu'elles résultaient d'un jet un peu oblique d'explosions volcaniques, dont les matériaux lourds, au lieu de retomber dans le cratère, comme ceux lancés très verticalement, tombaient lourdement sur ses bords, *sans y stationner*, puis roulaient ensuite sur les pentes du cône en entraînant de la poussière superficielle.

M. Frank A. Perret, qui était à l'Observatoire vésuvien pendant la période de grande activité, m'a dit avoir toujours entendu, immédiatement avant

l'apparition de l'avalanche, un bruit sourd, sans qu'il lui ait été possible de préciser si celui-ci provenait d'une explosion ou du choc des matières solides retombant sur le sol couvert de cendres (1).



Fig. 299. — L'avalanche sèche de la figure précédente au terme de sa course, vis-à-vis l'Observatoire.

(1) Aucun phénomène électrique n'a été observé dans les avalanches sèches, alors qu'ils étaient souvent très intenses dans les nuées volcaniques s'élevant au-dessus du cratère.

La figure 298 est la reproduction d'une belle photographie, que m'a communiquée M. Frank-A. Perret; elle représente l'une des plus importantes avalanches de ce type, qui ait été observée. Elle a été saisie au début de sa marche, au moment où, arrivée à la base du cône, elle est venue butter contre le Colle Umberto I, qui l'a fait dévier et l'a dirigée ensuite vers la plaine. En passant devant l'Observatoire, elle ne constituait plus qu'une trainée de poussière légère (fig. 299).

Il s'agit là, on le voit, de quelque chose de différent des nuées ardentes verticales de la Montagne Pelée; celles-ci, après une ascension plus ou moins grande, retombaient sur les flancs de la montagne, pour rouler jusqu'à sa base. Dans ce cas, c'était la nuée tout entière, produite par une bouffée unique, qui était entraînée, tandis que, dans le cas que j'étudie ici, l'avalanche avait des dimensions très faibles par rapport à la colonne s'élevant du cratère; celle-ci était formée par des bouffées successives, dont l'ascension et l'aspect général n'étaient en rien affectés par cette médiocre perte de matière. De plus, les nuées ardentes retombant ainsi offraient dans leur marche descendante les mêmes caractéristiques morphologiques que les nuées suivant la direction de haut en bas dès l'origine, c'est-à-dire qu'elles s'accroissaient rapidement en hauteur, tout en progressant dans la direction horizontale. Or les avalanches du Vésuve avaient un aspect différent, puisqu'elles se dissipaient rapidement en poussière légère. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer la nuée représentée par la planche I, photographiée après un trajet de 6 kilomètres, à l'avalanche de la figure 298, au moment où elle arrive au pied du cône vésuvien, c'est-à-



Fig. 300. — Nuée volcanienne s'élevant du cratère embrumé du Vésuve, avec portion esquissant un mouvement de descente sur les pentes du cône. On voit des cendres tombant de la nuée (21 avril 1906.).

dire après une course de quelques centaines de mètres seulement.

Dans une intéressante description de l'éruption, M. Sabatini suppose (1) que de véritables nuées ardentes ont pu se produire au cours du paroxysme, mais il ne les a pas constatées directement. J'ai bien vu parfois d'épaisses nuées vulcaniennes s'élever lentement du cratère, puis esquisser un mouvement partiel de descente sur les flancs extérieurs du cône, mais ce mouvement n'a jamais été décisif. La figure 300 représente un cas de ce genre,

trouvé dans une collection des magnifiques photographies que je dois à l'amabilité de M. Frank-A. Perret.



Fig. 301. — Structure en ombrelle du cône vésuvien produite par les avalanches sèches dont les matériaux couvrent le sol. Ils sont ravinés par des courants boueux, tachant de sombre les cendres grises.

Ces avalanches sèches ont imprimé à la surface du cône vésuvien un aspect tout spécial : elles l'ont creusé de profonds couloirs, qui, sur les flancs Nord et Est, recouverts de lapilli assez bien calibrés, présentent une structure remarquablement régulière (structure en ombrelle), qui

jette un jour intéressant sur la genèse des barrancos analogues, sillonnant les flancs de certains cônes volcaniques de Java et des Açores. C'est là un trait de structure, *formée à sec*, que l'érosion pluviale est venue encore accentuer et parfois déformer.

La figure 301, reproduction d'une photographie faite par M. Mercalli après la cessation complète de l'activité éruptive, en donne l'exacte représentation.

Ces avalanches sèches ne constituent pas un fait isolé dans l'histoire du Vésuve ; elles se sont produites déjà au cours de plusieurs grands paroxysmes

(1) *Bull. R. Comit. geol. d'Italia*, 1906, n° 3, 52.

du type de celui de 1906 (1), sinon dans tous, mais elles semblent en général avoir peu attiré l'attention, sauf en ce qui concerne l'éruption de 1822, étudiée par Monticelli et Covelli (2). En terminant, je citerai le passage suivant de la description de l'éruption de 1779 due à Hamilton (3); il ne peut guère s'interpréter que si l'on admet la production d'une véritable nuée ardente ou d'une formidable avalanche sèche.



Fig. 302. — Brèche d'avalanche sèche au pied du cône vésuvien (avril 1906).

C'était le jour du paroxysme. A ce moment, il s'élevait du cratère une terrifiante colonne de vapeurs et de cendres : « Vers deux heures de l'après-midi, écrit Hamilton, plusieurs habitants de Portici virent bien distinctement un globe extraordinaire de fumée d'un très grand diamètre sortir du cratère du Vésuve et s'avancer avec une grande vitesse vers le Monte Somma, contre lequel il se brisa, laissant après lui une trainée de fumées blanches qui marquait la route suivie. J'aperçus clairement de ma maison de campagne cette



Fig. 303. — Détail d'une brèche d'avalanche sèche (avril 1906).

(1) Il faut sans doute rapprocher de ce phénomène plus que de tout autre les avalanches de matériaux solides du Bandai San [p. 366] et des volcans de Java [p. 367].

(2) J'ai discuté ailleurs [261] cette relation. On peut aussi citer l'éruption de 1631 et celle de 512, dont Cassiodore a parlé en ces termes : « Videas illic quasi quosdam *fluvios ire pulvereos* et arenam sterilem impetu servente *velut liquida fluentes decurrere.* » (*M. A. Cassiodorii Opera omnia, Venetiis, 1729, I, Lib. IV, Epist. L, 71.*)

(3) *Philos. Transact.*, LXX, 42. Ce passage est extrait de la traduction des œuvres complètes d'Hamilton par GIRAUD SOULAVIE, Paris, 1781, p. 258.

traînée qui dura quelques minutes, mais je ne vis pas le globe lui-même. »



Fig. 304. — Brèche d'avalanche sèche au pied d'un barranco, avec petite coulée boueuse (avril 1906).

Brèches des avalanches sèches.

— Ces avalanches se sont déversées sur tous les flancs du cône; elles ont déterminé d'importantes actions mécaniques, emportant les deux gares et la voie du funiculaire. Sur les flancs Ouest et Sud du cône, les matériaux entraînés ont pu descendre assez bas du côté de la mer, mais, sur ses flancs Nord et Est, ils se sont accumulés dans l'Atrio del Cavallo et dans la Valle dell'Inferno, qu'ils ont remblayés sur un

grand nombre de mètres, nivelant leur fond, cachant leurs coulées anciennes et récentes sous un épais manteau de débris.



Fig. 305. — Pied d'un barranco avec petite coulée boueuse, érodant des brèches d'avalanche sèche. Le sommet du cône vésuvien est caché dans la brume (avril 1906).

La structure de ces brèches peut être facilement étudiée à l'entrée des barrancos, aboutissant à des surfaces relativement planes sur lesquelles les matériaux entraînés ont pu s'étaler (fig. 302). Les eaux pluviales qui, au bout de quelque temps, n'ont pas tardé à suivre le même chemin, ont profondément entaillé ces apports récents et mis en évidence leur structure (fig. 303 et 304). Celle-ci est tout à fait semblable à la structure chaotique des brèches de nuées ardentes. Des blocs de grande taille y gisent en

effet pêle-mêle avec des matériaux de petites dimensions et de la poussière fine (fig. 303).

Pour plus de détails sur la structure de ces brèches et sur les torrents

boueux formés à leurs dépens, je renvoie au mémoire que je leur ai récemment consacré [261].

Leurs matériaux, n'étant pas constitués par du magma neuf, n'étaient pas incandescents, mais seulement chauds ; on comprend dès lors pourquoi il ne s'en est élevé aucune fumerolle secondaire.

§ V. — Les nuées ardentes et les avalanches sèches.

Réponse à une objection.

Dans son livre récent sur les volcans (1), M. G. Mercalli n'accepte pas mon interprétation des nuées ardentes des Antilles ; ils les range, avec les avalanches sèches et les torrents boueux, parmi les phénomènes accessoires du volcanisme, et il revient à l'explication qui a été proposée par MM. Anderson et Flett pour l'éruption du 9 juillet 1902, alors que ces savants ne connaissaient point encore la différence capitale des conditions d'émission du phénomène à Saint-Vincent, où les nuées partaient du fond d'un cratère béant, profond de 800 mètres, et à la Montagne Pelée, où elles ne pouvaient se produire que par l'ouverture d'une porte de sortie dans la carapace d'un dôme solide, continu, édifié au sommet du volcan.

M. Mercalli considère donc ces nuées comme de simples avalanches de « laves fragmentaires, renfermant une énorme quantité de vapeur d'eau », sans d'ailleurs expliquer ses vues sur le mécanisme de la production de semblables avalanches en l'absence d'explosion initiale.

Les arguments formulés contre mon opinion semblent montrer que mon savant confrère et ami n'a pas tenu compte de tous les détails de la discussion [p. 353 à 360], dans laquelle j'ai cherché à établir la continuité existant entre les grandes nuées des paroxysmes destructeurs et les nuées subséquentes, de plus en plus faibles, comme celles du 9 juillet, puis celles de la fin de 1902 et enfin celles de la première partie de 1903. Toutes ces nuées, à caractéristiques morphologiques semblables, constituent des phases d'intensité décroissante d'un même phénomène, dans lesquelles l'influence de l'explosion initiale a été de moins en moins grande, jusqu'à devenir presque nulle.

Il n'est donc pas légitime de prendre, comme l'a fait M. Mercalli, quelques-unes des propriétés des moins fortes de ces nuées, de celles dans

(1) *I vulcani attivi della terra*, p. 203.

lesquelles l'explosion a eu seulement pour effet d'ouvrir dans la carapace du dôme un passage aux matériaux gazeux et de rejeter à peu de distance les matériaux solides, qui ont continué ensuite leur marche sous l'action de la pesanteur ; il n'est pas légitime, dis-je, de les prendre seules et de s'en servir pour généraliser et dire que les grandes nuées destructrices de Saint-Pierre, elles aussi, n'étaient que des avalanches.

Il ne me paraît pas inutile d'insister encore une fois ici sur ce que le profond ravin du haut de la Rivière Blanche était encore vide en octobre 1902 : or les énormes blocs, provenant des paroxysmes des 8 et 20 mai et du 30 août, blocs qui sont encore juchés sur la crête qui sépare cette rivière de la Rivière Sèche, ont dû franchir ce ravin pour pouvoir se diriger vers Saint-Pierre ; l'existence de ce dernier à elle seule est donc absolument éliminatoire de l'hypothèse d'une avalanche ne se mouvant que sous l'action de la pesanteur ; si le phénomène des paroxysmes n'avait été que cela, l'avalanche résultante se fût engouffrée dans la vallée de la Rivière Blanche, à la façon de la nuée observée par MM. Anderson et Flett et de celles que j'ai étudiées.

M. Mercalli insiste aussi sur ce fait que des trains de blocs incandescents ont été vus souvent à l'avant des nuées ; ce fait ne prouve rien, ni pour ni contre aucune des théories proposées. Il s'explique aussi bien dans le cas d'une avalanche que dans celui d'une explosion : les monolites de grande masse doivent nécessairement, dans tous les cas, précéder le mélange de vapeur d'eau et de matériaux fins, beaucoup moins denses, qui subissent un énergique frottement de la part de l'atmosphère.

Quant à l'objection que, dans l'hypothèse d'une explosion, les blocs de gros calibre auraient dû rester au voisinage du cratère, elle ne saurait être retenue ainsi que je l'ai fait remarquer plus haut, la propriété, sur laquelle elle se base, n'étant spécifique que des explosions verticales ; ce qui caractérise essentiellement le mécanisme de la marche d'une violente nuée ardente, telle que je la comprends, c'est que la force initiale de projection, au lieu d'être combattue par l'action de la pesanteur, comme dans les projections verticales, s'ajoute à celle-ci, ce qui explique aisément l'entraînement de blocs de plusieurs centaines de mètres cubes à quelques kilomètres du point de départ.

L'idée de projections obliques ne répugne pas d'ailleurs à M. Mercalli, qui

a cru en voir un exemple (1) dans ma description de l'éruption du 30 août. Mais ici encore, nous ne sommes pas du même avis ; il attribue en effet à celles-ci l'anéantissement du Morne Rouge, alors que je crois avoir montré d'une façon suffisamment nette [p. 359] que, dans ce paroxysme, l'action *directe* de l'explosion s'est fait sentir seulement dans le secteur ravagé le 8 mai (celui où M. Mercalli ne voit que l'action d'une avalanche), alors que la destruction du Morne Rouge et de ses environs a dû être effectuée par une nuée ardente s'élevant d'abord verticalement, puis roulant ensuite à la surface du sol, sans pouvoir effectuer d'actions mécaniques bien puissantes, puisque de nombreuses constructions de bois sont restées debout après son passage.

L'éruption du Vésuve est venue à point pour permettre de continuer cette discussion.

Les avalanches sèches par décollement montrent ce que sont de véritables avalanches, uniquement constituées par des matériaux solides, chauds et secs, de dimensions très variées et par suite comparables à ceux des nuées ardentes, mais en différant essentiellement en ce qu'ils ne sont pas intimement mélangés à des produits volatils, gaz ou vapeurs ; avalanches se mouvant sur le sol sous la seule action de la pesanteur, sans intervention directrice d'aucun phénomène explosif. On a vu les différences qu'elles présentent avec les nuées ardentes de la Martinique.

S'il est légitime d'établir des distinctions dans les avalanches sèches du Vésuve et si l'explication que j'ai donnée d'un second type est correcte, celui-ci se rapproche, il est vrai, un peu des nuées ardentes de Saint-Vincent et des nuées ardentes verticales de la Montagne Pelée ; mais il doit en être considéré seulement comme une dégradation des plus affaiblies. Ces avalanches dérivent d'explosions vulcaniennes, dont la force était insuffisante pour lancer au loin dans l'espace les matières soulevées par elles au-dessus du cratère. Une partie des matériaux retombaient alors non pas dans celui-ci, mais sur les flancs du cône, puis continuaient leur course sur le sol, en entraînant les matériaux gisant à sa surface : à partir de ce moment, la marche de l'avalanche ainsi produite n'était plus actionnée que par la pesanteur.

Le phénomène du Vésuve se distingue essentiellement de celui des

(1) *Op. cit.*, p. 203.

Antilles en ce que, dès le début de la chute, il y avait départ entre les matériaux gazeux et les solides qui, seuls ou à peu près seuls, retombaient sur le sol. On n'y trouve donc pas cette sorte d'émulsion de matières solides dans des gaz et des vapeurs, émulsion si intime que les vents tropicaux les plus violents n'arrivaient souvent à l'entamer qu'après une marche de plus de 7 kilomètres. C'est elle qui donnait aux nuées des Antilles leur forme et toutes leurs caractéristiques.

Il n'est guère possible pour l'instant de fournir une explication satisfaisante de cette propriété si remarquable, mais il me paraît difficile de la comprendre sans une explosion initiale. Il faut sans doute rechercher cette explication dans la réunion de ces trois conditions qui manifestement étaient toujours réalisées à la Montagne Pelée : haute tension des gaz au moment de leur émission, très grande masse et température très élevée des matériaux solides transportés (incandescents au départ de la nuée), alors qu'au Vésuve les gaz faisaient défaut, la proportion des matériaux solides était moindre ; ceux-ci, en outre, n'étaient pas incandescents, mais seulement chauds.

CHAPITRE IV

POMPÉI ET SAINT-PIERRE

L'anéantissement de Saint-Pierre par un phénomène subit et pendant quelque temps inexplicable a rappelé invinciblement, dans tous les esprits, le souvenir de la destruction de Pompéi, ce type de la catastrophe mystérieuse due au volcanisme.

Tout en effet conduit à cette comparaison : ces deux villes d'affaires et de plaisir, d'importance comparable, étaient toutes deux bâties au voisinage méridional d'un massif volcanique (fig. 306) (1) de largeur à peu près égale, s'élevant à une même hauteur, se dressant à une distance presque semblable (2). Il y a dix-huit siècles comme hier, les malheureuses victimes, avant d'être couchées dans la cendre sous les ruines de leur cité, ne s'étaient guère préoccupées de la nature volcanique de leur dangereux voisin, endormi depuis des siècles, — que pour en mourir.



Fig 306. — Le Vésuve, vu des ruines de Pompéi (octobre 1905).

Ces analogies m'ont frappé plus que tout autre : aussi, dès que j'ai eu terminé la mise en œuvre des observations recueillies à la Martinique, ai-je voulu, alors que mes yeux étaient encore pleins des spectacles tragiques des Antilles, aller revoir les villes mortes de la Campanie et préciser cette comparaison, que je n'ai fait qu'indiquer dans mon livre de 1904 [p. 363].

(1) Comparer cette figure avec celles de Saint-Pierre et de la Montagne Pelée, par exemple, à la figure 95 [p. 233]); comparer aussi la figure 307 avec la figure 87 [p. 223].

(2) Pompéi se trouve à 10 kilomètres en ligne droite du sommet actuel du Vésuve.

J'ai repris, les lettres de Pline à la main, le chemin du cap Misène et de Stabies, interrogé les ruines de Pompéi et les moulages des cadavres, auxquels l'esprit inventif de Fiorelli a fait revoir le jour, après dix-huit siècles d'ensevelissement.

Quelques mois plus tard, en avril 1906, la violente éruption du Vésuve est venue apporter le poids d'une sanglante démonstration expérimentale aux conclusions que j'avais rapportées de ce voyage (1). Ce sont elles que je me propose d'exposer ici, en suivant dans mon enquête la méthode qui m'a guidé à la Martinique. Je vais passer successivement en revue les récits d'un témoin oculaire, puis discuter tout ce que peut nous apprendre l'étude détaillée des ruines de la ville détruite (2), en éclairant ces documents à la lumière de l'éruption récente.

Il n'est pas inutile de rappeler que la catastrophe qui nous occupe a été l'œuvre de la première éruption historique du Vésuve, celle de l'an 79 de notre ère. La nature volcanique du Vésuve n'était pas inconnue des Anciens, car elle est nettement indiquée par Strabon et par Vitruve ; mais il résulte de leurs descriptions qu'il n'existait de leur temps aucune tradition d'éruptions.

Le 5 février de l'an 63, un violent tremblement de terre avait ravagé la Campanie et tout particulièrement le flanc méridional du Vésuve, dévasté Herculanium et détruit presque entièrement Pompéi. L'éruption de 79 vint interrompre les actifs travaux de reconstruction de ces villes.

§ I. — Les récits d'un témoin de l'éruption.

Deux lettres célèbres de Pline à Tacite constituent le seul document contemporain que l'antiquité nous ait laissé sur ce dramatique événement. Mais, destinées à retracer la mort de Pline l'Ancien et à donner les observations faites par l'auteur, elles ne contiennent pas une seule allusion à

(1) J'ai traité cette question dans une conférence publiée par la *Revue scientifique* [260].

(2) Il a été publié un grand nombre de mémoires sur Pompéi; ils sont, pour la plupart, consacrés à des questions archéologiques ou artistiques; mais quelques-uns d'entre eux renferment des indications utilisables au point de vue qui m'occupe ici. Une bibliographie de plusieurs centaines de numéros a été donnée par F. Furchheim (*Bibliografia di Pompei, Ercolano e Stabia*, Napoli 1891).

Le livre de Beulé : *Le drame du Vésuve*, Paris, 1872, est particulièrement consacré à l'étude de la destruction de Pompéi; il sera lu avec intérêt; mes conclusions diffèrent de celles de cet auteur sur plusieurs points.

la destruction des villes dont le nom n'est même pas cité ; cette catastrophe était sans doute considérée par l'écrivain comme connue de tous. C'est seulement vers l'an 200 que Dion Cassius parle explicitement de Pompéi et d'Herculanum dans un passage de son *Histoire romaine*.

Ces deux lettres sont pour nous des documents de la plus haute importance, bien que ce témoin oculaire ne les ait écrites que longtemps après le sinistre et que, par suite, il ait dû ou pu omettre beaucoup de détails. Elles se complètent mutuellement ; l'une, en effet, contient le récit des événements qui se sont déroulés dans le voisinage immédiat du volcan, alors que l'autre est consacrée à des observations faites à distance. Je les citerai textuellement, après élimination de quelques hors-d'œuvre littéraires.

1° La première lettre de Pline.

Voici la première lettre (1), dans laquelle Pline le Jeune raconte la mort de son oncle, qui n'était pas seulement le célèbre naturaliste que l'on sait, mais encore l'amiral de la flotte romaine mouillée à Misène :

Il [Pline l'Ancien] était à Misène (fig. 307) et commandait la flotte en personne. Le neuvième jour avant les calendes de septembre (2), vers la septième heure, ma mère l'avertit qu'il apparaissait un nuage d'une grandeur et d'une forme extraordinaires. Après s'être chauffé au soleil et baigné dans l'eau froide, il s'était couché, avait pris son goûter et étudié. Il demande ses sandales et monte dans l'endroit d'où ce prodige était le plus visible. A le voir de loin, il était difficile de distinguer de quelle montagne sortait le nuage (on sut, depuis, que c'était du

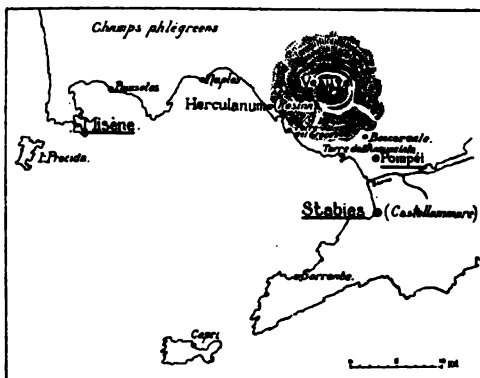


Fig. 307. — Le théâtre du récit de Pline (3).

Vésuve). Le pin est de tous les autres arbres celui qui en représente le mieux la ressemblance et la forme. Car c'était comme un tronc fort allongé qui s'élevait très haut et se partageait en un certain nombre de rameaux. Je suppose qu'il était tout d'abord soulevé par un souffle impétueux, puis qu'abandonné par ce souffle qui faiblissait, ou même affaissé par son poids, il s'atténuait en s'élargissant. Il était tantôt blanc, tantôt sale et tacheté, selon qu'il

(1) Lib. VI, Litt. XVI. Trad. Pessonneaux, Paris, Charpentier, 261.

(2) C'est-à-dire le 24 août 79. Cette date a été contestée à cause de certains fruits trouvés dans les fouilles et qui, en Campanie, ne sont mûrs qu'en automne ; mais cette critique, à laquelle il est facile de répondre, est de peu de valeur et n'a pas réuni l'assentiment général.

(3) La carte ci-jointe n'étant destinée qu'à montrer la position relative des localités citées par Pline, seules les indications topographiques utiles à la compréhension du texte y ont été marquées.

avait entraîné de la terre ou de la cendre ; un savant tel que mon oncle jugea ce phénomène considérable et digne d'être étudié de près.

Il sortait de chez lui lorsqu'il reçoit un billet de Rectina (1), femme de Tascus, qui était effrayée de l'imminence du danger, car sa maison était située au pied de la montagne, et elle ne pouvait s'en échapper que par la mer. Elle le suppliait de l'arracher à un danger si grand ; il change alors de dessein... Il fait venir des quadrirèmes et y monte lui-même pour aller porter secours non seulement à Rectina, mais à beaucoup d'autres personnes (car cette côte délicieuse est très fréquentée).



Fig. 308. — ... sed area ex qua diæta adibatatur ita jam cinere mixtisque pumicibus oppleta surrexerat ut, si longior in cubiculo mora, exitus negaretur (2).

Déjà la cendre tombait sur les vaisseaux, et, plus on approchait, plus elle était chaude et épaisse ; puis c'étaient des pierres ponceuses et des cailloux noircis, calcinés, brûlés par le feu ; déjà le fond de la mer s'était subitement élevé, et la montagne, en s'écroulant, rendait le rivage inabordable. Il s'arrêta, un moment, incertain s'il retournerait, et, comme le pilote lui conseillait de le faire : « La fortune, dit-il, favorise le courage ; allons chez Pomponianus. » Celui-ci était à Stabies, séparé par la largeur du golfe ; car la mer entre dans ces rivages qui se creusent et se courbent insensiblement. Là, le péril était encore assez éloigné, mais il était manifeste ; et, comme il grandissait et se rapprochait toujours, Pomponianus avait fait porter son bagage dans ses vaisseaux, décidé à fuir si le vent contraire tombait. Mon oncle, favorisé par ce même vent, le trouve tout tremblant, l'embrasse, le console, le rassure, et, pour calmer par sa sécurité la crainte de son ami, il se fait porter au bain, il se met à table et mange avec gaité, ou ce qui n'est pas moins grand, avec toutes les apparences de la gaité. Cependant on voyait luire en plusieurs endroits

du Vésuve des flammes très larges et des jets de feu s'élevant très haut dont la lueur éclatante était accrue par les ténèbres de la nuit...

Alors il se livra au repos et dormit d'un sommeil très réel, car sa respiration, qui était, à cause de sa corpulence, pénible et bruyante, se faisait entendre du seuil. Mais la cour, par laquelle on avait accès dans son appartement, s'était si fort remplie de cendre, mêlée de pierres ponceuses (fig. 308), que, s'il fût resté plus longtemps dans la chambre, il n'aurait pu en sortir. On le réveille, il sort et rejoint Pomponianus et les autres qui avaient veillé. Ils tiennent conseil pour savoir s'il vaut mieux rester dans la maison ou errer dans la campagne ; car les bâtiments chancelaient, ébranlés par de fréquentes et violentes secousses et comme arrachés de leurs fondements ; ils semblaient aller de côté et d'autre, puis revenir à leur place. En plein air, d'autre part, on avait à redouter la chute des pierres ponceuses, quoique légères et desséchées par le feu. La comparaison fit choisir ce dernier péril... On s'attache des oreillers sur la tête avec des linges ; c'était un rempart contre ce qui tombait.

Déjà il faisait jour ailleurs ; mais là il régnait une nuit plus noire et plus épaisse que toutes les nuits (fig. 309), éclairée seulement par les torches nombreuses et les feux de toute espèce.

(1) Quelques auteurs ont vu dans Rectina un nom de ville correspondant à l'actuelle Résina.

(2) Photographie faite le 20 avril 1906 à Ottajano. Les maisons sont bloquées par les scories ; la rue qui est au premier plan a été déblayée.

On décida d'aller au rivage et de voir de près si la mer était tenable, mais elle restait grosse et contraire. Là mon oncle se fit étendre un drap, s'y coucha, demanda à plusieurs reprises de l'eau froide et en but; puis les flammes et une odeur sulfureuse qui annonçaient leur approche mettent les autres en fuite et le font lever; appuyé sur deux esclaves, il se dresse et tombe tout à coup. J'imagine que la vapeur épaisse le suffoca et ferma le passage de la respiration qui, chez lui, était faible, étroit et fréquemment oppressé. Quand le jour reparut (c'était le troisième après le dernier qu'il avait vu), on retrouva son corps intact, sans lésions et couvert des mêmes vêtements. Son attitude était plutôt celle du sommeil que de la mort. »

Ce récit ne laisse pas d'incertitude sur la marche générale de l'éruption; quelques détails seulement nécessiteront une discussion.

Les phénomènes de la première phase de l'éruption de 79. — L'éruption débute le 24 août, vers 1 h. 5 du soir, par de violentes projections vulcaniennes; débouchant les canaux souterrains du volcan endormi.



Fig. 309. — ... illic nox omnibus noctibus nigrior densiorque (1).

La description de la haute colonne de vapeurs chargée de cendres est remarquablement claire; la comparaison si heureuse avec un pin a d'ailleurs fait fortune; aujourd'hui encore, les Napolitains appellent le panache des éruptions du Vésuve *il pino*.

Des ponces, des lapilli chauds tombent sur la côte, probablement vers Herculanium; un vent violent souffle vers le Sud, ce qui explique en partie l'épaisse accumulation de matériaux solides constatée de ce côté. Dans la soirée, la ponce s'entasse à Stabies (et *a fortiori* à Pompéi) au point de bloquer les habitants dans leurs maisons; de violents tremblements de terre ébranlent le sol. Ces mêmes phénomènes se prolongent pendant la nuit et la matinée du 25; à ce moment, la nature des projections change; une épaisse chute de cendres fines succède à la grêle de lapilli.

La destruction d'Ottajano en 1906. — Écoutons maintenant les enseignements du paroxysme du 7-8 avril 1906, dont j'ai indiqué page 91 la

(1) Photographie faite le 16 avril 1906, sur la route de Somma Vesuviana à Ottajano, pendant une chute de cendres.

marche générale. Après plusieurs jours d'activité croissante, le soir du 7, de violentes projections stromboliennes se succèdent dans le cratère du Vésuve, illuminant la nuit, puis, à 10 h. 45, la nature des projections change ; le jet lumineux fait place à une énorme colonne d'épaisses volutes sombres, que sillonnent des éclairs. A minuit 31, les mouvements du sol ébranlent les flancs du volcan ; c'est probablement le moment où commence l'effondrement principal du cône. De menus lapilli franchissent le rempart de la Somma et tombent sur les flancs Nord et Nord-Est du volcan, où se trouvent les petites villes d'Ottajano et de San-Giuseppe ; leur



Fig. 310. — Maison effondrée à Ottajano ; la rue a été déblayée.
(16 avril 1906.)

proportion augmente rapidement d'une façon inquiétante pour devenir bientôt désastreuse ; le maximum dure de 2 à 3 heures du matin environ, mais la chute des lapilli ne cesse qu'à l'aube ; les projectiles froids, ou tout au moins tièdes, tombent drus comme grêle ; le ciel est zébré d'éclairs.

Est-il nécessaire de décrire l'horreur d'une semblable nuit pour les malheureux habitants ? Épouvantés, les plus prudents cherchent et trouvent leur salut dans la fuite ; les hésitants, les craintifs, les malades et les infirmes restent enfermés dans leurs demeures ; d'autres, qui furent mal avisés, courent chercher asile dans les églises.

Les lapilli s'amoncellent dans les rues, dans les cours, où ils forment bientôt une couche de 0^m,70, atteignant 1^m,25 au Castello d'Ottajano, un peu plus rapproché du volcan que la ville elle-même. Sous le choc des projectiles, les vitres volent en éclat, les toitures surchargées par les matériaux, qui s'y entassent, fléchissent, puis s'effondrent (fig. 310), entraînant dans leur chute les étages inférieurs ou des pans de murs, ensevelissant sous leurs débris une grande quantité de malheureux. 79 périrent écrasés à Ottajano, 118 à San-Giuseppe (dont 94 dans l'église). Les blessés furent au nombre de 71.

La dernière phase des éruptions de 79 et de 1906. — Nous retrouvons jusqu'ici d'une façon frappante les diverses particularités, si bien mises en lumière par le récit de Pline. La comparaison se poursuit dans la suite de l'éruption. Le matin du 8 avril 1906, la chute des lapilli cesse ; elle est immédiatement suivie par celle de poussière fine, qui se continue pendant une quinzaine de jours avec une intensité décroissante, recouvrant les lapilli d'une couche finement stratifiée d'une dizaine de centimètres d'épaisseur.

Il paraît vraisemblable que la mort de Pline l'Ancien, sur laquelle je reviendrai plus loin, doit être attribuée à une chute de cendre fine de ce genre, mais plus intense, qui s'est produite après la cessation de la projection des ponces. Cette mort coïncide en effet avec l'apparition du grand nuage, dont il est question dans la lettre suivante, ou survient tout au moins au cours de sa marche, car Pline le Jeune, en relatant les particularités des derniers moments de son oncle, ne parle plus de ponces, mais de vapeurs épaisses qui asphyxient l'illustre naturaliste.

Résumé. — En résumé, au cours de cette éruption, pas de phénomène violent instantané, mais succession de phénomènes assez longs ; la chute de ponces dure moins de vingt-quatre heures (du 24 août, vers 1 heure du soir, à la matinée du 25) ; celle des cendres fines se prolonge au moins jusqu'au 27 août et probablement plus tard.

Les points qui prêtent à discussion sont les suivants :

Les mouvements du sol en 79. — En arrivant sur la côte, le 24 août, Pline l'Ancien constate que *déjà le fond de la mer s'était subitement élevé et la montagne, en s'écroulant, rendait le rivage inabordable*. Il est possible qu'il se soit produit en ce point un soulèvement de la côte, mais il n'en subsiste pas de preuves géologiques (1). Des sondages faits il y a une trentaine d'années entre Pompéi et la mer ont montré, en effet, que si, depuis l'éruption de 79, le rivage s'est avancé de 5 à 600 mètres, ce n'est pas du fait d'un soulèvement, mais grâce à des apports terrestres (2). Contrairement à

(1) Cela ne prouve pas, d'ailleurs, qu'un semblable soulèvement n'ait pas eu lieu.

En 1906, il paraît, en effet, s'être produit un phénomène de ce genre (soulèvement de 0^m,30), qui n'a été que temporaire. Un autre, plus important, a signalé l'éruption de 1861, qui, d'ailleurs, appartenait à un type éruptif différent de celui de 79, au type dans lequel il se produit des épanchements de lave sortant du flanc Sud-Est de la Somma, dans une position excentrique par rapport au cône terminal : le soulèvement maximum de la côte fut alors de 1^m,12 près de la fissure (vers Torre del Greco) ; il diminuait graduellement à partir de ce point.

(2) Ruggiero, in *Memorie notiz. public. dall'Ufficio tecnico degli Scavi*, Napoli, 1879.

l'opinion des anciens archéologues et géologues, les murs de Pompéi, qui sont actuellement distants de la mer d'environ 2 kilomètres, n'ont jamais été baignés par celle-ci ; le port était distinct de la ville.

Torrents boueux (?). — Quant à la cause qui rendit le rivage inabordable aux navires de l'amiral romain, peut-être faut-il la voir dans des atterrissements de torrents boueux, analogues à celui qui, le 5 mai 1902, a signalé les débuts de l'éruption de la Montagne Pelée et détruit l'usine Guérin, plutôt qu'à l'entassement de produits de projections verticales ou qu'à l'écroulement du sommet du Vésuve.

Ne serait-ce pas là l'œuvre des courants boueux, qui ont déterminé l'en-sevelissement d'Herculanum, dans le cas où celui-ci serait véritablement contemporain de la destruction de Pompéi? C'est en effet dans les parages d'Herculanum que Pline a dû tenter son débarquement.

Phénomènes électriques (?). — La seconde question à discuter est soulevée par cette phrase : *Cependant on voyait luire, en plusieurs endroits du Vésuve, des flammes très larges et des jets de feu s'élevant très haut, dont la lueur éclatante était accrue par les ténèbres de la nuit.*

Si Pline ne disait pas explicitement *en plusieurs endroits du Vésuve*, on pourrait se demander s'il ne s'agit pas là d'un paroxysme strombolien, de projections de magma incandescent, lancées par le cratère ; la marche de l'éruption de 1906 montre que leur production dans cette phase du paroxysme n'aurait rien que de très naturel. Mais, si la précision des termes de l'auteur latin exprime une réalité et n'est pas un simple développement oratoire, il est plus logique de penser qu'il a voulu parler de phénomènes électriques : leur apparition au cours de cette épaisse chute de ponces est rendue presque certaine par ceux qui ont été observés dans le nuage de cendres du jour suivant et par ceux qui ont été vus en 1906, au cours de la chute de scories de la nuit sinistre d'Ottajano.

On sait, du reste, combien, dans les récits des témoins de toutes les éruptions volcaniques, il est difficile de démêler la véritable signification à attribuer aux termes *feu, flammes, éclairs*, employés un peu au hasard, même par des gens habitués à quelque précision de langage. J'ai eu bien souvent à me débattre contre cette difficulté, quand j'ai voulu interpréter les récits de témoins de celles des éruptions de la Montagne Pelée, auxquelles je n'ai pas assisté moi-même. Il faut remarquer, du reste, que

Pline lui-même a employé ce mot *flamme* dans sa seconde lettre pour un phénomène incontestablement électrique. Il est intéressant de comparer à cet égard les passages suivants des deux lettres : *Interim e Vesuvio monte pluribus in locis latissimæ flammæ altaque incendia relucebant, quorum fulgor et claritas tenebris noctis excitabatur*, et : *Ab altero latere nubes atra et horrenda ignei spiritus tortis vibratisque discursibus rupta in longas flammarum figuras dehiscibat : fulguribus illæ et similes et majores erant.*

Une troisième interprétation a été proposée, celle de coulées de lave incandescente, qui se seraient épanchées sur les flancs du Vésuve au cours du paroxysme explosif; elle trouve peut-être son origine dans une phrase du commentaire d'Eutrope, publié par Muratori (1) :

Abrupto tunc etiam vertice Vesuvi montis Campaniæ magna profusa incendia ferunt torrentibusque flammarum vicina regionis, cum urbibus omnibusque deleta esse.

Mais cette phrase ne se trouve pas dans le texte d'Eutrope, écrivant au IV^e siècle; elle a sans doute été ajoutée au VIII^e siècle par P. Diacre, l'auteur du commentaire; elle est donc sans valeur historique.

Cette interprétation doit d'ailleurs être combattue par un argument d'un autre ordre. J'ai montré en effet (2) que la ponce de Pompéi se distingue au point de vue minéralogique et chimique des autres ponces de la Somma : il paraît légitime de la considérer comme fournie par un magma caractéristique de l'éruption de 79; c'est une *phonolite leucitique*; or aucune lave épanchée de ce genre n'est connue en place sur les flancs du Vésuve.

2° La seconde lettre de Pline.

Arrivons à la seconde lettre de Pline à Tacite (3). Elle relate les observations faites par Pline le Jeune de Misène, ville située à l'extrémité occidentale du golfe de Naples, à une trentaine de kilomètres à vol d'oiseau du sommet du Vésuve (fig. 307). En voici les parties intéressantes pour la question discutée ici :

(1) *Rerum italicarum Scriptores*, I, Pars prima, 1723, 59.

(2) Étude minéralogique des produits silicatés de l'éruption du Vésuve (1906) (*Nouvelles Archives du Muséum*, t. IX, 1907, 128).

(3) Lib. VI, litt. XX.

Après le départ de mon oncle, je consacrais à l'étude le reste de mon temps, car j'étais demeuré dans cette intention. Puis vint le bain, le repas, et un sommeil court et troublé.

Depuis plusieurs jours, un tremblement de terre se faisait sentir, sans causer grand effroi, car on y est habitué en Campanie. Mais, cette nuit-là, il devint si violent qu'il semblait que tout fût non pas agité, mais bouleversé. Ma mère se précipite dans ma chambre; je me levai de mon côté pour la réveiller dans le cas où elle eût dormi. Nous nous asseyons dans la place qui s'étendait devant la maison et qui séparait les bâtiments de la mer par un faible intervalle... C'était déjà la première heure, et le jour était alors indécis, comme languissant. Tous les bâtiments étaient ébranlés, et, quoique le lieu où nous nous trouvions fût à découvert, il était si étroit que nous avions la crainte, la certitude même d'être ensevelis sous les décombres. Alors seulement nous nous décidâmes à quitter la ville. La foule nous suit, consternée; par un effet de la crainte qui ressemble à la réflexion, elle préfère l'idée d'autrui à la sienne, et une longue file de fugitifs marchent sur nos pas et nous pressent. Une fois sortis de la ville, nous nous arrêtons. Là, mille faits surprenants s'offrent à nous, mille terreurs nous assiègent; les voitures que nous avons fait avancer étaient, quoique le terrain fût tout plat, poussées dans des directions différentes et, même en les fixant avec des pierres, on ne pouvait les faire tenir en place.

En outre, la mer semblait s'absorber en elle-même et être refoulée par le tremblement de terre. Du moins le rivage s'était porté plus avant, et un grand nombre d'animaux marins étaient demeurés à sec sur la grève. De l'autre, apparaissait un nuage noir et effrayant : déchiré par un souffle de feu qui le sillonnait de traits rapides et tortueux, il présentait en



Fig. 311. — ... et ignis quidem longius substitit, tenebræ rursus, cinis rursus multus et gravis (1).

s'entr'ouvrant de longues trainées de flammes semblables à des éclairs, mais plus grandes encore.... Peu de temps après, le nuage s'abaisse vers la terre et couvre la mer; il enveloppait l'île de Capré, la dérobaît aux regards, et le promontoire de Misène avait disparu...

La cendre commençait à tomber, mais elle était encore clairsemée. Je me retourne : d'épaisses ténèbres s'avançaient sur nous (fig. 313) et, se répandant sur la mer comme un torrent, nous suivait de près. « Quittons la route, dis-je à ma mère, tandis que nous voyons encore, de peur d'être renversés et écrasés dans la foule

de nos compagnons. » A peine nous étions-nous arrêtés que la nuit se fit, non la nuit qui règne quand le ciel est sans lune ou couvert de nuages : c'était l'obscurité d'un lieu fermé où l'on a éteint les lumières. On entendait les lamentations des femmes, les gémissements prolongés des petits enfants, les cris des hommes. Ils appelaient à haute voix, les uns leurs parents, d'autres leurs enfants, d'autres leur mari ou leur femme, ou ils essayaient de les reconnaître au son de leurs voix. Ceux-ci déploraient leur sort, ceux-là le sort de leur famille; quelques-uns, par crainte de la mort, invoquaient la mort; beaucoup levaient les mains vers les dieux; un plus grand nombre expliquaient qu'il n'y avait plus de dieux et que c'était la dernière nuit du monde, une nuit éternelle.

(1) Chute de cendres, le 16 avril 1906. Route de Somma Vesuviana à Ottajano. Sinistrés en fuite et ouvriers déblayant la route.

Il se trouva des gens pour accroître de vrais périls par de vaines et mensongères terreurs. Il y en eut qui annonçaient qu'à Misène tel monument s'était écroulé, tel autre était en flammés; c'était faux, mais on les croyait.

[Il revint un peu de clarté, ce nous semblait être non pas le jour, mais l'indice du feu qui approchait; à la vérité, le feu s'arrêta fort loin de nous] (1); les ténèbres revinrent, puis la

endre commença à tomber, épaisse et lourde (fig. 311). Nous nous levions de temps en temps pour la secouer, autrement nous aurions été couverts et même étouffés par ce poids... Enfin les ténèbres se dissipèrent comme en brouillard et en fumée. Bientôt la vraie clarté du jour reparut, puis le soleil lui-même, mais livide et tel que pendant une éclipse. Tout se présentait changé à nos yeux encore troublés. La cendre avait tout recouvert comme d'un épais tapis de neige (fig. 312). Nous revînmes à Misène, où nous réparâmes nos forces comme nous pûmes, et nous passâmes une nuit d'incertitude et d'angoisses, partagés entre l'espérance et la crainte, mais la crainte était la plus forte. Car le tremblement de terre persistait, et la plupart des gens, affolés par des prédictions terrifiantes, exagéraient à plaisir leurs maux et ceux d'autrui. »



Fig. 312. — ... occursabant trepidantibus adhuc oculis mutata omnia altoque cinere, tamquam nive, obducta (2).

Cette lettre nous montre que le seul retentissement lointain (à 30 kilomètres) des violents phénomènes qui, le 24 août, dévastèrent les flancs du volcan, ont consisté en tremblements de terre; ceux-ci paraissent n'avoir pas été moins intenses à Misène que dans la région de Stabies.

Alors qu'une couche épaisse de ponces rendait déjà le séjour de leur ville impossible aux habitants de Stabies, aucune projection n'avait encore atteint l'extrémité occidentale de la baie. Cela paraît tenir, d'une part, à la direction du vent et, d'une autre, à l'orientation du jet de projection qui, d'après ce que l'on peut conclure de la distribution des ponces de cette éruption, a dû être aussi étroitement dirigée vers le Sud que celui du 8 avril 1906 l'a été vers le Nord-Est.

(1) Pour cette phrase, j'ai substitué à la traduction de Personneaux celle qu'a bien voulu me donner mon confrère M. Cagnat, le savant professeur au Collège de France; elle serre de plus près le texte et lui donne une signification plus rationnelle.

(2) Paysage de neige formé par la cendre récente. Une coulée boueuse s'avance dans le lit du torrent d'Ottajano (21 Avril 1906).

Le grand nuage. — C'est le 25 août, au matin, au moment où Pline l'Ancien meurt à Stabies, qu'arrive sur Misène le haut nuage sillonné d'éclairs, dans la description duquel quelques auteurs (1) ont cru voir une nuée ardente, semblable à celles de la Montagne Pelée. Cependant nous n'y voyons pas la caractéristique essentielle de ce phénomène, la nuée ne roule ni sur la terre ni sur la mer. D'ailleurs, s'il pouvait rester quelques doutes à cet égard, Pline lui-même s'est chargé de les faire disparaître : « *Peu de temps après, dit-il, le nuage s'abaisse vers la terre et couvre la mer* », il planait donc tout d'abord à une plus ou moins grande hauteur.

Dans sa dramatique description, il n'est pas fait mention de la structure morphologique si caractéristique, des nuées ardentes que mes planches mettent en évidence ; aussi est-on en droit de penser que Pline, qui a si fidèlement décrit les projections en forme de pin du volcan, n'eût pas manqué de s'étendre longuement sur la description d'une nuée ardente s'il avait eu devant les yeux ce spectacle étonnant. On pourrait peut-être m'objecter qu'une semblable nuée, qui aurait fait un tel parcours (7 kilomètres sur terre et 20 sur mer), ne pouvait plus avoir la compacité de celles que j'ai photographiées ; mais alors, que reste-t-il de la comparaison que l'on a voulu faire avec les nuées de la Martinique, puisqu'elle est basée sur leur aspect même ? Et comment distinguer ce phénomène, privé de sa caractéristique la plus frappante, de celui d'une nuée d'un paroxysme vulcanien, dont on retrouve au contraire les caractères normaux dans la description de Pline ?

Il s'agit donc incontestablement d'un nuage vulcanien ordinaire, mais de grande ampleur, sillonné d'éclairs, parce que riche en matériaux solides, qui, après avoir franchi les parties basses de l'atmosphère où soufflait le vent du Nord, s'est étalé dans les hautes régions, où il a été entraîné vers l'Ouest, en abandonnant progressivement sa cendre. Ainsi s'expliquent aisément *les épaisses ténèbres qui s'avançaient sur nous et, se répandant sur la terre comme un torrent, nous suivaient de près, puis l'obscurité complète quand la chute des cendres est devenue plus intense*, et enfin toutes les phases du phénomène, décrites de main de maître par l'écrivain latin.

Une telle succession est celle qui s'observe normalement dans de semblables circonstances ; elle a été revue en 1906 au Vésuve, notamment

(1) Notamment M. A. Heilprin [90 et 247].

au cours de la marche des nuages de cendre arrivant sur Naples. La figure 313 est la reproduction d'une photographie que j'ai faite le 15 avril sur le champ de lave récente de Boscotrecase ; ce jour-là, le spectacle que nous eûmes devant les yeux m'a rappelé d'une façon impressionnante le passage de Pline, auquel je viens de faire allusion. Au-dessus de nous tout d'abord, le soleil était radieux ; devant nous, le Vésuve était caché par un épais nuage de cendres, puis, le vent s'étant mis à souffler vers le Sud dans les hautes régions de l'atmosphère, le nuage noir s'est rapidement avancé au-dessus de nos têtes, prenant d'abord des couleurs flamboyantes, puis obscurcissant progressivement le soleil. La masse compacte du nuage cachant le Vésuve n'a pas tardé, elle aussi, à s'avancer, à nous envahir, à nous envelopper dans une obscurité croissante, à mesure que la chute de cendre se faisait plus épaisse. La



Fig. 313. — ... densa caligo tergis imminebat, quæ nos torrentis modo infusa terræ sequebatur (1).

figure 313 a été faite au moment où, avant d'être noyés dans l'obscurité, nous voyions encore une trouée de ciel bleu barrer l'horizon.

La chute des cendres. — Revenons maintenant à l'an 79 : dans la soirée du 25 août, les cendres cessent de tomber, peut-être par suite de la moindre violence des explosions et surtout sans doute à cause du changement de direction du vent. Aux environs de Stabies, la chute des cendres se prolonge au moins pendant trois jours encore. Nous ne sommes pas en droit, d'ailleurs, d'en conclure que l'éruption n'a pas été de plus longue durée ; en 1906, en effet, il a été possible de constater l'influence considérable de la direction du vent sur la distribution des cendres ; c'est ainsi, par exemple, que, jusqu'à la fin d'avril, les régions Nord et Nord-Est du volcan ont été presque continuellement saupoudrées de matériaux fins, alors que Pompéi n'a été atteinte qu'une seule fois, le 15 avril, et n'a reçu

(1) Nuage de cendre arrivant au-dessus de Boscotrecase, détruite par la coulée de lave (avril 1905)

qu'une quantité infime de cendres. De même l'épaisseur des matériaux fins projetés a été variable sur la périphérie du volcan dans des points situés à égale distance du cratère. Il est donc possible qu'au bout de trois jours la cendre ait cessé de tomber à Misène et à Stabies, simplement par suite du changement des conditions atmosphériques.

La mise à sec du rivage de Misène. — Une dernière question du récit de Pline mérite d'être discutée, celle de la mise à sec du rivage de Misène. Ce phénomène est peut-être l'homologue de celui qui a été signalé en 1538, dans les Champs Phlégréens, au cours de l'éruption qui a donné naissance au Monte Nuovo. En rapprochant les dates indiquées dans les deux récits de Pline, on voit que ce phénomène, s'il est bien décrit à sa place, n'aurait pas été synchrone du soulèvement de la côte au voisinage du volcan.

Je ne puis m'empêcher de faire remarquer qu'en tout cas Pline l'indique comme ayant accompagné l'apparition du grand nuage ; il est donc possible que ces deux manifestations soient l'une et l'autre une conséquence de l'explosion paroxysmale. A ce point de vue, le phénomène serait donc peut-être, dans quelque mesure, comparable à l'un de ceux qui se sont répétés lors des éruptions de la Martinique et de Saint-Vincent. A une certaine distance du volcan, des mouvements de la mer y ont parfois précédé de quelques minutes la chute des cendres. Mais alors c'était la mer qui était en mouvement et non le sol, et son retrait a toujours été précédé d'une avancée sur la côte. Sur ce point, d'ailleurs, le récit de Pline est notoirement incomplet, puisqu'il ne parle pas du mouvement positif de la mer, qui a dû nécessairement succéder à ce mouvement négatif.

Il est à remarquer aussi que Pline ne signale aucun mouvement du rivage à Stabies, le 25 au matin, dans son récit des aventures de son oncle, qui était alors sur le bord de la mer ou à son voisinage. Si le phénomène de Misène est exactement décrit et si, au même moment, il ne s'est rien produit d'analogue à Stabies, on se trouverait en présence d'une particularité du même ordre que celle constatée à Saint-Vincent, le jour du premier paroxysme de 1902, où aucun mouvement de la mer n'a été observé sur la côte au pied du volcan, alors qu'une forte vague a été ressentie à grande distance.

Absence de détonations. — Je ferai remarquer enfin qu'aucun des deux

récits de Pline ne fait mention de détonations, ce qui peut paraître étrange dans une aussi grande éruption à caractère explosif et dans un volcan d'ordinaire bruyant, notamment au cours de l'éruption de 1906, cependant moins violente que celle de 79. Dans le cas où il n'y aurait pas un oubli de la part du narrateur, on peut trouver là encore une comparaison avec ce qui a été signalé à la Montagne Pelée et à Saint-Vincent et aussi avec ce qui a été observé au Krakatau, à savoir que des détonations perçues à d'énormes distances de ces volcans n'ont parfois pas été entendues à leur voisinage immédiat, quand ils étaient enveloppés d'épais nuages de cendres.

Remarque psychologique. — En terminant, une dernière observation, psychologique celle-là, est nécessaire ; cette lettre de Pline renferme un passage bien humain, celui dans lequel il dépeint l'état d'âme de ses compagnons d'infortune. En le lisant, il me revient à la mémoire maints souvenirs des mauvais jours de la Martinique ; je ne puis m'empêcher de songer aussi aux sentiments exprimés, aux faits et aux gestes des habitants des communes vésuviennes, que j'ai vu fuir dans la demi-obscurité de la chute de cendres, les aveuglant.

A dix-huit siècles de distance, en face des mêmes dangers, les hommes retrouvent les mêmes terreurs et les mêmes mots pour les exprimer ; seuls leurs dieux ont changé !

Conclusions.

En résumé, les deux récits de Pline, remarquablement clairs, surtout quand on les interprète à la lumière des éruptions postérieures (1), permettent à eux seuls d'établir l'analogie des phénomènes de 79 et de ceux de la *partie explosive* de l'éruption de 1906 ; à eux seuls aussi, ils conduisent à rejeter l'hypothèse de la production d'une nuée ardente, destructrice de Pompéi, au cours de l'éruption plinienne.

Voyons maintenant ce qu'il est possible de tirer, à ce même point de vue, de l'étude directe des ruines de la ville morte.

(1) Les commentateurs ont en particulier considéré comme un développement littéraire la comparaison de la campagne de Misène après l'éruption avec un paysage de neige. L'éruption de 1906 a montré combien cette comparaison était juste ; la figure 313 en donne la preuve. La leucittéphrite du Vésuve est bien noire, mais sa poussière très fine est d'un gris blanc, tant qu'elle n'a pas été mouillée par la pluie. Quand celle-ci eût enlevé les parties les plus menues, la couleur foncée est apparu.

§ II. — Les matériaux recouvrant Pompéi (1).

Toute la ville est ensevelie sous les mêmes matériaux, semblablement distribués ; mais c'est surtout dans les parties : rues, places, cours, qui étaient libres de constructions au moment de l'éruption, qu'il est possible d'étudier la régularité de leur disposition. Le sol est uniformément recouvert par une couche de ponces blanches, dont l'épaisseur varie de 2^m,50 à 3 mètres ; celle-ci est surmontée par une alternance de matériaux fins ou grossiers, cendres ou lapilli, remarquablement stratifiés, qu'ont ensevelis les produits des éruptions postérieures.

Voici une coupe détaillée que j'ai relevée dans une fouille près de la porte de Nola : elle ne montre que les produits de l'éruption de 79 :

	Alternance de cendres plus ou moins fines et de lits plus fins encore renfermant des pisolites de cendre (gouttes de pluie) (2).....	0 ^m ,50
	Lapilli.....	0 ^m ,03
	Cendres fines avec pisolites.....	0 ^m ,10
	Cendres sableuses.....	0 ^m ,05
	Lapilli.....	0 ^m ,04
B.	Cendres et lapilli.....	0 ^m ,03
	Lapilli noirs et fragments de calcaire.....	0 ^m ,03
	Cendres fines avec pisolites.....	0 ^m ,15
	Cendres fines.....	0 ^m ,02
	Cendres sableuses avec débris de briques.....	0 ^m ,30
	Ponces blanches avec lapilli noirs.....	0 ^m ,04
	Cendres sableuses.....	0 ^m ,05
A.	Ponces blanches reposant sur le sol.....	2 ^m ,50

Ces deux catégories de dépôts A et B correspondent aux deux stades de l'éruption telle qu'elle est décrite par Pline ; leur succession est bien celle qu'il est possible de déduire de sa première lettre. Leur complexité est à opposer à l'uniformité des matériaux rejetés sur Saint-Pierre, où il n'est pas possible de distinguer les uns des autres les produits apportés par chacun des trois grands paroxysmes des 8 et 20 mai et du 30 août 1902.

Les ponces blanches. — Ces ponces, d'un blanc vif, sont nettement calibrées. Leurs dimensions varient en moyenne de la grosseur d'une noisette à celle d'une noix ; mais il existe aussi des fragments dépassant la grosseur

(1) Afin d'éviter quelques redites, je modifie ici un peu l'ordre d'exposition adopté dans l'étude de la destruction de Saint-Pierre.

(2) La production de ces globules dans la cendre est comparable à celle qui a été si fréquemment réalisée en 1902 à la Montagne Pelée [p. 420, fig. 181] et qui s'est renouvelée au Vésuve en 1906.

du poing ; ces ponces, arrondies par leur frottement mutuel, sont accompagnées de fragments de laves anciennes et de roches métamorphiques de la Somma, assez peu abondantes toutefois, pour que, dans une coupe fraîche, les ponces surtout frappent l'attention.

La structure de cette couche ponceuse est essentiellement chaotique ; on n'y voit pas trace de stratification, ce qui implique une accumulation par un phénomène rapide et continu. On retrouve donc là exactement les caractéristiques de l'arrangement des matériaux rejetés sur Ottajano, dans la nuit du 7 au 8 avril 1906. La seule différence à noter réside dans la composition minéralogique et chimique des produits des deux éruptions : ponces blanches de *phonolite leucitique* en 79, scories noires de *leucittéphrite* basique en 1906. Par contre, on ne voit dans ces dépôts aucun des caractères structuraux de ceux des nuées ardentes, puisque ces derniers ne sont jamais constitués par des débris calibrés, mais consistent en un mélange intime de poussière fine, de blocs ou de fragments de toute taille.

Enfin l'uniformité de la distribution des matériaux, remplissant aussi bien les espaces vides que les maisons incomplètement renversées, est incompatible avec l'hypothèse d'une nuée ardente, roulant sur le sol, à la façon de celles de la Montagne Pelée. L'hypothèse de leur accumulation par des projections verticales ne se heurte au contraire à aucune difficulté et, à ce point de vue, l'éruption de 1906 a fourni une démonstration expérimentale sans réplique.

Nous trouvons du reste, dans le récit de Pline, la mention formelle de ce mode de projection. C'est pour se protéger contre la grêle des ponces, c'est-à-dire contre leur chute progressive, de haut en bas, que, dans la matinée du 24 août, les habitants de Stabies s'attachent leurs oreillers sur la tête ; c'est cette grêle qui menace de couper la retraite à Pline l'Ancien, en remplissant *peu à peu* la cour donnant accès à son appartement.

Les cendres grises. — Mais, pourrait-on dire, si les ponces sont le résultat d'une chute verticale, en est-il de même pour les matériaux menus qui les recouvrent et qui, eux, sont plus comparables au sable volcanique transporté sur la ville même de Saint-Pierre, à cause de leurs dimensions et de leur nature non ponceuse. Le début de leur arrivée sur Pompéi ne correspond-il pas en effet au second jour de l'éruption et, par suite, au grand nuage observé de Misène par Pline, et n'est-ce pas ce

nuage que certains ont voulu considérer comme une nuée ardente ? L'étude détaillée des coupes de Pompéi fournit contre cette objection des arguments topiques. Ici, en effet, pas d'accumulation chaotique, comme à Saint-Pierre, mais succession de lits minces, stratifiés, individuellement constitués, soit par des lapilli compacts, soit par des cendres plus ou moins fines. Nous nous trouvons ici en présence de dépôts successifs, présentant la caractéristique la plus nette des projections verticales, dont les produits se classent pendant leur chute, suivant leur ordre de grosseur et de densité.

L'étude minéralogique de ces cendres permet d'apporter quelque précision sur leur origine. Elles ont une composition minéralogique et chimique différente de celle des ponces blanches. Elles sont fort hétérogènes, les minéraux ferrugineux (augite, olivine, biotite), si rares dans les ponces, y abondent au contraire. Les fragments pierreux sont formés par tous les types pétrographiques qui constituent les tufs et les coulées de la Somma : on y voit notamment en abondance des leucittéphrites de basicité et de structure variées, accompagnées de fragments de calcaire et de roches métamorphiques silicatées.

Cette composition est celle de la poussière fine (débris du vieux sol), que les explosions vulcaniennes de 1906 ont projetée sur les flancs du volcan à partir du 8 avril. Il est donc légitime de leur attribuer la même origine et de penser que l'éruption de 79, elle aussi, a été caractérisée par le creusement d'une caldeira et par la décapitation du sommet du vieux cône volcanique. C'est là une démonstration par voie minéralogique de l'opinion soutenue depuis longtemps par les géologues, à savoir que c'est l'éruption de 79 qui a détruit la régularité de l'antique cône de la Somma et lui a donné sa forme actuelle.

Toutefois, il existe, à ce point de vue, entre les éruptions de 79 et de 1906 des différences autres que celle d'intensité. Dans cette dernière éruption, les explosions post-paroxysmales se sont succédé sans interruption et en diminuant progressivement de violence, sans intercalation de phases d'activité plus grande. La poussière qu'elles ont accumulée forme donc une couche continue, dans laquelle, après tassement, on ne distinguera que des différences très faibles, en admettant même qu'il en existe. A Pompéi, au contraire les lits de lapilli compacts, séparant les unes des

autres les couches de cendre de finesse inégale, indiquent une succession de petits paroxysmes, suivis d'explosions moins violentes, n'envoyant à distance que de la cendre de plus en plus fine.

L'abondance de très gros globules pisolitiques dans plusieurs des lits de cendres à éléments très ténus de Pompéi montre, en outre, que les averses de pluie ont été plus fréquentes et plus violentes au cours de la vieille éruption que pendant celle de 1906.

Enfin il est une dernière différence qu'il faut relever : elle concerne les proportions relatives des matériaux recouvrant Saint-Pierre et Pompéi. Tandis que plusieurs mètres de ponce et de cendres ont enseveli les ruines de cette dernière ville, incomplètement écrasée, quelques décimètres à peine de sable volcanique ont été transportés sur l'extrémité méridionale de Saint-Pierre plus entièrement ruinée. Quand on compare les deux cas, on constate une extraordinaire disproportion entre la masse des matériaux volcaniques et les effets mécaniques subis, et cela est suffisant pour indiquer un mode de destruction distinct (1).

Les sédiments boueux. — Je ne me suis occupé jusqu'ici que des dépôts primaires, véritables tufs aériens ; les caves, les égouts, les maisons situés en contre-bas, fournissent un autre type de dépôts formés, eux, par voie sédimentaire. Ils sont constitués par une boue desséchée, compacte, due à l'entraînement par l'eau des éléments les plus fins des couches de ponce et de cendres.

Cette boue a été produite par des causes multiples. Pour l'expliquer, il ne faut pas, en effet, faire intervenir uniquement l'action de l'eau pluviale. On sait combien Pompéi était riche en eau courante ; la rupture des conduites d'alimentation de la ville sous l'influence du tremblement de terre, l'obstruction des égouts et des autres voies d'écoulement normal, alors que les fontaines ont pu continuer à couler, constituent autant de causes qu'il est légitime d'invoquer. De même, à Saint-Pierre, les fontaines n'ont pas été tariées après le paroxysme du 8 mai ; elles n'ont cessé de fonctionner qu'à la suite de celui du 20 mai.

(1) Quand on compare l'état actuel des couches recouvrant les deux villes, on est frappé de voir comment l'influence des différences du climat y est enregistrée. Les couches de Pompéi sont d'une régularité fort grande, elles sont peu ou pas ravinées, tandis qu'à Saint-Pierre les dépôts des nuées ardentes étaient immédiatement érodés par les pluies tropicales ; d'un jour à l'autre, il était possible de voir se former au milieu des ruines des lits de cinérite très fine, stratifiée, empruntant ses éléments à l'accumulation chaotique primitive.

Ces couches boueuses se sont certainement déposées au cours de l'éruption ou très peu de jours après, ainsi qu'en témoigne la parfaite conservation des cadavres, dont il va être question plus loin et qui s'y trouvent moulés.

Un exemple connu et souvent cité est celui des caves de la maison de Diomède, dans lesquelles, en 1773, on a rencontré 20 cadavres enlizados au voisinage d'une porte de sortie, caves dans lesquelles on voit encore en place des amphores enveloppées et remplies par cette boue durcie.

Cette observation a servi de base à une théorie, longuement discutée (1) au commencement du XIX^e siècle et dont Lippi s'est fait alors l'apôtre convaincu, théorie d'après laquelle Pompéi aurait été envahie et détruite par des torrents boueux. Si des phénomènes locaux d'inondation sont incontestables, l'hypothèse de l'ensevelissement général de la ville par des torrents de boue ne mérite plus aujourd'hui la discussion.

§ III. — Les actions mécaniques.

L'orientation dans la destruction, due aux actions mécaniques, étant l'une des caractéristiques que les nuées ardentes laissent enregistrées sur le sol



Fig. 314. — Une rue de Pompéi.

après leur passage, l'étude détaillée des ruines de Pompéi présente une importance capitale. Le grand nombre des monuments aux vastes proportions, la profusion des hautes colonnes de pierre et de stuc que la Direction des fouilles (2) s'est attachée à relever et à replacer dans leur position originelle, font regretter

qu'aucune recherche méthodique sur la position de leurs débris sur le sol n'ait été effectuée au cours des travaux de déblaiement. A défaut de mieux,

(1) Je citerai seulement parmi les auteurs qui ont écrit pour la théorie : C. Lippi, *Fu il foco o l'acqua che sotterò Pompei ed Ercolano?* Napoli, 1816, et contre elle : A. Scacchi, *Osservazione critiche sulla maniera come fu spellita l'antica Pompei* (*Bull. archeol. Napoletano*, n° VI, 1843, p. 41).

(2) Celles-ci ont été commencées en 1748.

il faut donc recourir aux monuments et aux maisons encore debout et non restaurés ; ils sont d'ailleurs tout à fait démonstratifs.

La figure 315, représentant la reconstitution exacte de la partie de la ville actuellement dégagée, d'après le relief conservé au Musée de Naples, montre l'absence complète de cette orientation dans la distribution des murs renversés, qui était si frappante dans les ruines de Saint-Pierre [pl. XIX]. L'aspect des rues est identique, quelle que soit leur situation par rapport au volcan : celles qui sont dirigées normalement à la droite



Fig. 315. — Les ruines de Pompéi : photographie du modèle en liège du musée de Naples, exécuté à l'échelle (Photographie Brogi).

joignant Pompéi au Vésuve n'ont pas leurs édifices plus démolis que celles qui lui sont parallèles (fig. 314). Il serait facile de citer de vastes pans de murs ou des monuments, tels que les arcs de Tibère (fig. 316), de Caligula, de Néron, celui de la rue de Mercure, qui se dressent encore debout, bien que leur plan soit normal à cette direction. Il faut donc, de prime abord, rejeter l'hypothèse d'actions mécaniques agissant au ras du sol, suivant une trajectoire partant du volcan.

Dans une fouille interrompue, j'ai vu, près de la porte de Nola, des fûts

de colonnes renversés au milieu de la couche de ponces non remaniée (fig. 317); ce fait indique un effondrement datant du début de l'éruption; il est assez vraisemblable qu'il est l'œuvre du tremblement de terre dont parle



Fig. 316. — L'arc de Tibère et le temple de Jupiter sur le Forum
(Photographie faite en octobre 1905, un soir d'orage).

que le phénomène dominant a dû consister en un écrasement de haut en bas, qui a été déterminé par le poids des matériaux accumulés sur les toitures.



Fig. 317. — Colonne renversée dans la couche de ponces, qui est recouverte elle-même par les cendres fines stratifiées.

l'état actuel des ruines, que l'ensevelissement de Pompéi n'a jamais été complet, au moins pour les constructions élevées, et qu'après l'éruption les parties supérieures de celles-ci émergeaient de la cendre fine : elles ont été peu à peu renversées par le temps ou par la main de l'homme, plus

Pline, et l'on peut penser que des accidents de ce genre ont été fréquemment réalisés, surtout dans les temples et les constructions riches en hautes colonnades. De nombreux monuments et beaucoup de maisons présentent des fissures, qui peuvent être attribuées à la même cause.

Mais ce qui s'est passé à Ottajano (fig. 310) montre

L'éroulement du marché du Monte Oliveto, à Naples, produit par cette cause au cours de l'éruption de 1906, à une grande distance du volcan, fournit encore un enseignement typique à cet égard. L'uniformité des dommages subis par les quatre murs d'une même construction s'explique facilement ainsi.

Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, pour interpréter

destructrice encore. La résistance des constructions étant inégale, les effondrements n'ont pas été simultanés dans toute l'étendue de la ville, et ainsi peuvent s'expliquer les quelques différences observées parfois dans la nature du remplissage de deux maisons contiguës. Il serait intéressant, au cours de fouilles ultérieures, de préciser ces questions de détail, et je suis persuadé qu'on les expliquerait facilement par des particularités des constructions elles-mêmes.

§ IV. — Les actions calorifiques.

On ne rencontre à Pompéi que des traces bien faibles d'actions calorifiques; les incendies ont été exceptionnels et localisés. Ils ont eu vraisemblablement pour cause déterminante la présence de foyers domestiques (1), ensevelis sous les décombres (2).

Le bois, les fruits, les étoffes et toutes les substances d'origine végétale ont été carbonisés par le temps, mais non brûlés; les matières combustibles, qui étaient recouvertes de fer ou de bronze, ont été préservées de cette carbonisation (3).

L'examen des canalisations en plomb, du stuc, des peintures murales, du marbre des statues, l'étude des objets de verre (4) trouvés en si grand nombre dans les fouilles, celui des ossements, des moulages des cadavres, etc., conduisent à cette même conclusion que les matériaux tombés sur la ville étaient froids ou tout au moins possédaient une température peu élevée. C'est là encore une ressemblance avec tout ce qui s'est passé en 1906 et une différence essentielle avec ce qui a caractérisé les nuées ardentes.

(1) Les incendies formidables, qui ont accompagné les tremblements de terre de San Francisco et du Chili (1906), et qui sont dus aux foyers domestiques ou industriels, me font penser que je n'ai peut-être pas attribué un rôle assez grand à l'action de ceux-ci dans la discussion de l'incendie de Saint-Pierre.

(2) Peut-être aussi faut-il incriminer les torches et les lanternes des fuyards, dont on a retrouvé les restes à côté de certains cadavres (Cagnat, *Journ. des savants*, 1907, 462).

(3) De Ruggiero, *In qual modo e con quali effetti si pu credere che seguisse l'eruzione*, 21 (in Cagnat).

(4) M. Heiprin a invoqué comme argument en faveur de sa thèse une soi-disant identité de transformation qu'auraient subie les objets de verre extraits des ruines des deux villes. Il y a là une méprise : tous les objets de verre altérés de Saint-Pierre ont été modifiés uniquement par la fusion, déterminée, non pas directement par la nuée ardente, mais par l'incendie allumé par elle; je l'ai établi en m'appuyant sur des preuves indiscutables [p. 618]. Les objets de verre de Pompéi, dont le Musée de Naples renferme une si belle collection, n'ont au contraire subi que des modifications chimiques, indépendantes de toute action calorifique. Il y a donc entre les deux cas une différence capitale : du reste, pas plus que les verres de Saint-Pierre, ceux de Pompéi ne nous apprennent rien sur la cause volcanique de la destruction de ces villes.

Il est facile de voir quelles intenses actions calorifiques eussent été produites par cette accumulation de 2^m,50 de ponces, si celles-ci avaient possédé seulement la température des matériaux de l'une des plus faibles des nuées ardentes dont j'ai suivi l'évolution à la Martinique.

Là encore, d'ailleurs, Pline est un bon guide : il relate les précautions prises par les habitants de Stabies pour se garantir contre la chute des ponces : mais il ne fait pas mention de la température de ces dernières, alors qu'il note celle des produits tombant sur la mer plus près du volcan.

§ V. — Les actions physiologiques.

Le nombre des squelettes trouvés jusqu'à présent à Pompéi est relativement peu considérable (700 environ) (1), eu égard à ce que devait être la population de cette ville de 20 à 25 000 habitants. Ce fait seul, à défaut d'autre indication, démontrerait que la catastrophe n'a pas été instantanée. La plus grande partie des habitants a eu le temps de fuir (2). Des fouilles récentes ont fait retrouver dans la campagne, du côté du Sarno et près de la mer, de nombreux squelettes, à côté desquels gisaient des objets précieux : ce sont certainement ceux d'habitants de la ville, qui avaient fui, en emportant une partie de leur fortune, avec l'espoir de se sauver par mer.

Ceux qui sont morts sur place sont, comme à Ottajano, ceux qui n'ont pas pu (séquestrés pour des causes variées : maladie, emprisonnement) ou pas voulu partir et ceux qui ont profité de l'abandon de la ville pour essayer de la piller ; ces derniers, dont les squelettes sont restés enfouis dans les couches de cendres, rappellent les cadavres frais qui ont été trouvés à la surface des ruines de Saint-Pierre, au lendemain de l'éruption du 20 mai.

(1) Pour établir le nombre total des victimes, il faudrait tenir compte de ce que les deux tiers seulement de la ville ont été fouillés et aussi faire état des nombreux squelettes trouvés en dehors de Pompéi. M. Sogliano, directeur des fouilles, estime que la catastrophe coûta la vie à environ 2 000 personnes (*Guide de Pompéi*, Vallardi, édit., 1902, p. ix).

(2) Dans son récit de la destruction de Pompéi, Dion Cassius donne un exemple de cet instinct irrésistible, qui mène la foule de tous les temps et de tous les pays aux jours de panique. Les habitants de la ville, dit-il, fuyaient dans la campagne ; les campagnards se réfugiaient dans la ville.

Les événements de la Martinique en ont fourni d'autres : beaucoup d'habitants du Prêcheur et du Morne Rouge sont venus, à la veille du 8 mai, s'enfermer à Saint-Pierre et y mourir, alors qu'en restant chez eux ils eussent assuré leur salut. De même, à Fort-de-France, le 20 mai et le 30 août 1902, lors des paniques déterminées par l'arrivée au-dessus de la ville d'un inoffensif nuage de cendres, les routes et les rues étaient parcourues par deux courants, se dirigeant en sens inverse : les habitants des hauteurs descendaient vers la mer, et ceux des bords de la mer s'enfuyaient sur les hauteurs.

Les morts par traumatisme. — Les restes humains rencontrés dans la couche de ponces sont réduits à l'état de squelettes ; ils ne peuvent donc renseigner sur la cause de la mort que lorsqu'ils portent la trace de traumatismes ; mais, par analogie avec ce qui s'est passé près du Vésuve en 1906, on peut supposer que ces victimes, rarement trouvées dans les rues, ont été ensevelies sous les ruines des maisons ou des grands édifices effondrés sous le poids des cendres, comme à Ottajano et à San Giuseppe (1), ou écrasées par le renversement de ceux-ci, dû au tremblement de terre.

C'est ainsi qu'en 1789 on a observé huit squelettes sous les débris d'une muraille, hors des portes de la ville. En 1818, on a découvert un squelette engagé sous des colonnes du temple de Jupiter. Enfin, en 1869, onze squelettes ont été exhumés des débris de l'étage supérieur d'une maison (2).

Les morts par asphyxie. — Les cadavres ensevelis dans la couche de cendres fines offrent plus d'intérêt. En 1863, Fiorelli, directeur des fouilles, eut l'idée de couler du plâtre très liquide dans les cavités rencontrées au cours des recherches ; une fois la prise de ce plâtre opérée, l'enlèvement des cendres friables fournit un moulage aussi parfait que s'il avait été pris sur une statue. C'est ainsi qu'ont été obtenus ces moulages célèbres, qui ont fixé avec une admirable précision les attitudes et les moindres détails du corps et de l'habillement des victimes au moment de leur mort.

La parfaite conservation de la forme des cadavres, qui ne présentent souvent pas trace de déformation, implique la rapidité de leur ensevelissement et, par suite, la continuité de la chute de cendre. En effet, à Saint-Pierre, où, il est vrai, le climat humide et chaud activait la décomposition cadavérique, dès le surlendemain de la catastrophe, les cadavres, restés à la surface du sol, et seulement saupoudrés par les cendres flottant dans l'atmosphère après le passage de la nuée destructrice, étaient déjà gonflés, et leur abdomen était ouvert [fig. 134, p. 297]. On ne voit rien de semblable dans les moulages de Pompéi. Les minimes déformations que présentent un très petit nombre d'entre eux paraissent dues à la pression de la couche de cendres sur les parties molles du corps.

Les cadavres enveloppés par la boue sont évidemment ceux dont le

(1) C'est là qu'il faut arrêter, au point de vue destructeur, la comparaison entre les catastrophes de 79 et de 1906. Dans cette dernière, en effet, il n'y a pas eu de morts pour une autre cause.

(2) Cagnat, *Journ. des savants*, 1907, 464.

moulage est le plus parfait. L'expérience de 1906 a montré avec quelle rapidité la cendre fine mouillée fait prise, à la façon du ciment; cette propriété a permis aux corps de résister aussi bien à l'écrasement qu'à la dilatation des gaz de la décomposition cadavérique. Beulé a longuement exposé, et d'une façon quelque peu romanesque, ses impressions en présence de ces résurrections; nous leur demanderons autre chose.



Fig. 318 à 320. — Moulage de cadavres de Pompéi.
Musée de Pompéi (Phot. Alfani).

Parmi ces victimes, les unes offrent l'apparence du sommeil, tel l'homme couché (fig. 320), dont la physionomie décèle le repos et une mort sans souffrance. Le moulage de la figure 319, rappelle d'une façon frappante l'attitude des trois cadavres que j'ai trouvés dans un réduit de Saint-Pierre [p. 297], ainsi que celui reproduit par la figure 136 [p. 299].

D'autres cadavres présentent la trace d'une lutte contre l'asphyxie, tel est le cas, cité par

Beulé, d'après le *Journal des fouilles* (1863), d'un homme, renversé sur le dos, avec un coin de son manteau rejeté sur la tête : à côté de lui, se trouvait une jeune fille tenant sur son visage un pan de sa robe. Tels sont aussi deux des cadavres mis à découvert dans les fouilles de Boscoreale (1) : une femme se voilant le visage, un homme, les poings fermés et le manteau ramené sur la bouche (fig. 321).

Enfin quelques cadavres ont des attitudes violentes; ils peuvent être comparés au cas général des brûlés de Saint-Pierre, mais ils ne constituent

(1) Héron de Villefosse, *Le trésor de Boscoreale*, Mémoire publié par l'Académie des inscriptions et belles lettres (Fondation Picot), 1897, 25.

que des exceptions (fig. 318). Ces attitudes sont dues, au moins en partie, à des contractions *post mortem* et n'ont point par suite la dramatique signification que leur a attribuée Beulé. Il eût été intéressant de savoir si l'un d'eux, qui présente l'attitude de combat, n'a pas été trouvé dans une maison incendiée.

Les causes de l'asphyxie. — Il est donc évident que les décès qui ne sont pas attribuables à des traumatismes sont le résultat d'asphyxie. Mais quelle est la cause de celle-ci ? Faut-il faire intervenir l'action de gaz asphyxiants spéciaux, tels que l'acide carbonique ou l'acide sulfureux ? Je ne le pense pas ; il semble inutile de répéter ici la démonstration faite au sujet de Saint-Pierre [p. 307]. Je crois que, même froide, une chute épaisse de cendre, se produisant sans interruption dans les conditions établies plus haut, est suffisante pour tout expliquer. Ceux qui ont circulé sur le Vésuve dans les premiers jours du paroxysme récent seront certainement de cet avis.

La mort de Pline peut s'interpréter de cette façon ; on comprend aisément comment ce vieillard asthmatique, couché à terre, n'ait pu résister aussi longtemps que ceux de ses compagnons plus vigoureux, qui ne l'avaient pas encore abandonné. La figure 320 montre l'apparence du sommeil que présentait son cadavre, d'après le récit de son neveu.

Il ne paraît guère possible de tirer d'argument sérieux de l'odeur de soufre relatée par Pline ; il suffit d'une trace d'anhydride sulfureux ou d'hydrogène sulfuré pour donner une semblable odeur à la cendre, sans que pour cela la proportion de ces gaz soit suffisante pour être nocive.

L'argumentation des partisans de l'intervention d'anhydride carbonique, qui aurait coulé à la surface du sol, s'appuie sur ce qu'un phénomène de ce



Fig. 321. — Moulage de la tête d'un cadavre de Boscoreale (1).

(1) Je dois cette photographie à l'obligeance de M. Sogliano, qui, dans son *Guide de Pompéi*, a donné la photographie de face d'un autre moulage, dans lequel on voit encore plus nettement que la victime s'était couvert la bouche avec son manteau.

genre a été parfois constaté au cours des fouilles de Pompéi, notamment dans les égouts et dans le quartier du théâtre. Beulé, en particulier, faisant une élégante application du phénomène bien connu de la Grotte du Chien, explique ainsi l'asphyxie de Pline couché, alors que ses esclaves debout seraient restés indemnes, parce que leur tête était en dehors de la couche mortelle. Mais il ne faut pas oublier que, si la production de semblables *mofette* est observée lors des grandes éruptions du Vésuve, celles-ci se produisent, non pas pendant les paroxysmes, mais à leur fin, ou, plus souvent, après la terminaison de l'éruption. Cette règle a été vérifiée encore une fois en 1906. Il y a donc grande probabilité pour que de semblables dégagements d'acide carbonique n'aient pas encore apparus, lorsque se sont passés les événements qu'il s'agit d'expliquer, si tant est que ces dégagements aient existé (1).

Les morts d'inanition et les enlisés. — Il est enfin une dernière cause assez fréquente de mort, qui, elle, est sans intérêt pour la question discutée ici, puisqu'elle est indépendante du phénomène destructeur de la ville, mais que je dois cependant au moins indiquer. Je veux parler de celle qui a frappé beaucoup de gens enfermés ou réfugiés dans des lieux clos (2) et en particulier dans ceux situés en contre-bas. Les deux squelettes, découverts dans la prison du Forum et dont les os des jambes étaient encore pris dans des entraves, trouvent leur parallèle dans le cadavre de femme fixé sur un fauteuil de bois que j'ai rencontré dans un cabanon de la maison coloniale de santé de Saint-Pierre [p. 299].

Parmi ces victimes enfermées, les unes ont pu mourir de faim, comme fût mort le reclus de la prison de Saint-Pierre, s'il n'avait été délivré à temps. Les autres (celles dont les cadavres ont été trouvés dans les caves de la maison de Diomède, par exemple) ont été noyées dans la boue.

(1) Beulé a été impressionné par les études de Ch. Sainte-Claire Deville sur les dégagements gazeux produits dans la mer, lors de l'éruption de 1861. Mais il n'a pas pris garde à la différence capitale existant entre une éruption à caractéristique exclusivement explosive du cratère du Vésuve, telle que celle de 79, et une éruption à épanchement périphérique par rapport au cône vésuvien, du genre de celle de 1861. Dans cette dernière, les dégagements en question se sont produits à Torre del Greco, le long d'une fente excentrique se prolongeant jusque dans la mer.

(2) Les fouilles de 1787 ont, paraît-il, fait découvrir dans un souterrain de Pompéi, parfaitement clos et vide, les squelettes d'un homme et d'un chien. Les os humains étaient dispersés et rongés, le squelette du chien intact; celui-ci avait survécu à son maître et l'avait dévoré. Je ne sais si ce fait est exact; dans l'affirmative, il est à rapprocher de la découverte faite au Carbet [p. 287], peu de jours après le 8 mai, d'une case bien fermée, renfermant plusieurs cadavres humains et un petit chien vivant, qui avait mieux résisté à l'asphyxie que ses compagnons.

§ VI. — Conclusions.

Mes conclusions peuvent se résumer en peu de mots.

L'anéantissement *total* de Saint-Pierre et de tous ses habitants par une nuée ardente, descendant directement du sommet du volcan dans la plaine, en roulant sur le sol et constituant l'acte unique, *presque instantané*, d'un paroxysme, reste sans analogue.

La destruction de Pompéi et d'un *dixième* au plus de ses habitants est le résultat d'un phénomène différent, *ayant eu une durée de quelques jours* ; c'est un ensevelissement progressif par des projections lancées dans l'espace et retombées sur le sol, à la façon de la grêle ou de la pluie.

L'éruption de la Montagne Pelée n'apporte donc aucun jour nouveau sur le mécanisme de l'antique catastrophe, qui s'explique rationnellement par l'un des phénomènes les plus habituels du volcanisme. La dernière éruption du Vésuve, en détruisant partiellement Ottajano et San Giuseppe, par un processus du même genre, est venue, d'ailleurs, démontrer expérimentalement cette opinion.

Ainsi, d'un côté, presque instantanéité de la destruction sous l'influence de matériaux brûlants, violentes actions mécaniques s'exerçant dans une direction horizontale, sans aucun mouvement du sol ; de l'autre, écrasement lent, ensevelissement progressif par des matériaux froids ou tout au moins non brûlants ; actions mécaniques s'exerçant de haut en bas sous la seule action de la pesanteur, aidées par des tremblements de terre ; tels sont les caractères différentiels de ces deux catégories de phénomènes destructeurs, — de ces deux façons distinctes, mais certaines, pour une ville de mourir sous l'action d'un volcan.

NOTE SUR QUELQUES OBSERVATIONS

FAITES DANS LES MAISONS DE BOSCOTRECASE ENVAHIES PAR LA LAVE

La lave du Vésuve, qui a envahi les maisons de Boscotrecase, a fondu ou absorbé beaucoup d'objets de nature et de composition variées, et réalisé ainsi *directement* quelques-unes des synthèses minérales produites à Saint-Pierre sous *la seule influence de l'incendie*.

L'action de la chaleur seule sur le cuivre, le laiton et le fer a produit les mêmes résultats dans les deux cas; j'ai cependant observé des cristaux ou des cristallites (allongés suivant un axe quaternaire) de magnétite, non seulement sur des objets de fer, mais sur la lave voisine.

Le produit cristallisé formé aux dépens du verre, simplement réchauffé, est accompagné d'une plus grande quantité de résidu colloïde qu'à Saint-Pierre [p. 621, pl. XXVII, fig. 67]; mais cette différence résulte simplement de la composition chimique des deux verres. Je propose d'appeler désormais *réaumurite* ce corps cristallisé, formé il est vrai aux dépens d'un produit artificiel, mais par un procédé naturel.

Toutes ces observations, sauf celle qui concerne la véritable nature de la porcelaine de Réaumur, concordent avec celles que Thomson et Breislak ont faites à Torre del Greco après l'éruption de 1794 (Breislak, *Voy. phys. et lythol. en Campanie*, Paris, 1801, 279).

Comme à Saint-Pierre [p. 620], le verre porté et maintenu à une température suffisante pour permettre son écoulement sur la lave a donné naissance à de la wollastonite et accessoirement à du diopside incolore. Parfois, au contact de la leucittéphrite, s'observent de l'augite ægyrinique jaune d'or ou verte, ou encore de l'ægyrine: quand il existe des cavités, le verre et la lave voisine sont tapissés par des cristaux du même minéral rappelant la *porricine* de Mayen. C'est probablement là l'origine du pyroxène signalé par Breislak dans l'église de Torre del Greco et sur des débris de murs englobés par la lave de 1794.

Au contact d'objets oxydés en fer, il existe d'ordinaire deux couches; la plus voisine de l'oxyde est constituée par un agrégat holocristallin de fayalite [avec formes distinctes, s'il existe un minéral incolore non maclé (plagioclase?)] et de magnétite, accompagnée d'octaèdres ou de cristallites d'un spinellide vert ou brun. Dans l'andésite refondue de Saint-Pierre, la silice libre pouvait saturer une grande quantité de fer, et des spinellides ne se sont produits qu'en présence de zinc [p. 636]. Dans la lave du Vésuve, il n'existe pas de silice libre; la production de fayalite implique donc le déplacement de la silice des éléments blancs, et c'est l'alumine de ceux-ci qui se précipite sous forme de spinelle probablement ferreux (*hercynite*); les alcalis ainsi libérés ont sans doute facilité la production de paillettes de biotite enveloppant ça et là, la fayalite. La couche en contact avec la lave est caractérisée par des pyroxènes verts, bientôt mélangés aux éléments normaux de la leucittéphrite.

J'ai examiné deux échantillons de lave stalactiforme, ayant coulé l'une sur du fer, l'autre sur du bois. Par analogie avec des types similaires de Saint-Pierre, ils me paraissent résulter de la fusion de la lave avec du mortier. La première est riche en grosses leucites et en augite, à peine verdâtre; la pâte est formée par de longues baguettes automorphes de titanaugite d'un violet foncé [p. 629], par des microlites de labrador, engainés de cristallites pectinés ou palmés d'olivine et de titanaugite. Le second échantillon est une leucittéphrite très vitreuse; localement les phénocristaux de leucite et d'augite sont corrodés ou résorbés, et la pâte est devenue presque holocristalline, par suite de la production de cristaux de *humboldtite*, de *chondres* de péridot et enfin d'aiguilles biréfringentes, trop petites pour pouvoir être déterminées.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	v
BIBLIOGRAPHIE.....	vii
CHAPITRE PREMIER	
LA FIN DE L'ÉRUPTION ET L'ÉTAT ACTUEL DE LA MONTAGNE PELÉE	
§ I. — La fin de l'éruption.....	1
§ II. — Les tremblements de terre.....	5
§ III. — La topographie actuelle de la vieille caldeira et du dôme.....	9
§ IV. — L'état actuel des fumerolles.....	15
1° Les fumerolles du dôme.....	15
2° Les fumerolles de la caldeira.....	17
3° Les fumerolles périphériques.....	17
§ V. — Les résultats actuels de l'érosion.....	21
§ VI. — L'état actuel de la zone dévastée par les éruptions.....	23
CHAPITRE II	
LE DÔME.	
SA STRUCTURE, LES ROCHES QUI LE CONSTITUENT.	
§ I. — Mécanisme de la formation du dôme.....	31
§ II. — La morphologie du dôme.....	38
§ III. — La structure minéralogique du dôme.....	45
§ IV. — La constitution minéralogique de la lave.....	49
1° L'andésite.....	49
2° Le mode de formation du quartz.....	52
§ V. — Quelques dômes d'origine similaire.....	58
1° Les dômes anciens de la Martinique.....	59
2° Le dôme de la Guadeloupe.....	60
3° Les dômes de la Chaîne des Puy.....	64
4° Les phénomènes de soulèvement du Puy Chopine et une hypothèse sur l'origine de l'aiguille de la Montagne Pelée.....	67
§ VI. — Conclusions à tirer de la comparaison des roches quartzifères de la Montagne Pelée et de celles qui constituent quelques laccolites.....	69

CHAPITRE III

LES NUÉES ARDENTES DES ANTILLES ET LES AVALANCHES SÈCHES DU VÉSUVÉ.

§ I.	— Les divers types d'explosions volcaniques.....	74
	1° Type hawaïen.....	75
	2° Type strombolien.....	75
	3° Type vulcanien.....	77
	4° Type péléen.....	78
	5° Continuité des divers types d'explosion.....	83
§ II.	— Un type d'explosion n'est nécessairement lié ni à un magma ni à un volcan déterminé.....	85
	1° Les divers types d'explosion dans les différents magmas.....	86
	2° Variation du mode d'activité dans l'histoire d'un même volcan.....	87
	3° Variations au cours d'une même éruption.....	88
§ III.	— L'éruption du Vésuve en 1906.....	90
§ IV.	— Les avalanches sèches du Vésuve.....	93
§ V.	— Les nuées ardentes et les avalanches sèches. Réponse à une objection.....	101

CHAPITRE IV

POMPÉI ET SAINT-PIERRE.

§ I.	— Les récits d'un témoin de l'éruption.....	106
§ II.	— Les matériaux recouvrant Pompéi.....	120
§ III.	— Les actions mécaniques.....	124
§ IV.	— Les actions calorifiques.....	127
§ V.	— Les actions physiologiques.....	128
§ VI.	— Conclusions.....	133
	Note sur quelques observations faites dans les maisons de Boscotrecase envahies par la lave.....	134

A LA MÊME LIBRAIRIE

- Éléments de Paléobotanique**, par R. ZEILLER, membre de l'Institut, professeur à l'École supérieure des mines. 1 vol. in-8 raisin de 421 pages, avec 210 figures, cartonné à l'anglaise..... 20 fr.
- Physique du globe et Météorologie**, par Alphonse BERGET, docteur ès sciences. 1 vol. in-8 de 365 pages, avec 128 figures et 14 cartes hors texte, couverture ornée par Ruty, broché..... 15 fr.
- Traité de Géologie**, par M. A. DE LAPPARENT, membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Etudes. *Ouvrage couronné par l'Institut. Cinquième édition* entièrement refondue et considérablement augmentée. 3 vol. gr. in-8, avec nombreuses figures, cartes et croquis..... 38 fr.
- Cours de Minéralogie**, par M. A. DE LAPPARENT, de l'Institut. *Quatrième édition* revue et corrigée. 1 vol. gr. in-8, avec 619 figures dans le texte et 1 planche chromolithographiée..... 15 fr.
- Leçons de Géographie physique**, par M. A. DE LAPPARENT, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur à l'École libre des Hautes-Etudes. *Troisième édition* entièrement refondue et augmentée. 1 vol. in-8, avec 203 figures et 1 planche en couleurs..... 12 fr.
- Les Enchainements du Monde animal dans les Temps géologiques**, par M. Albert GAUDRY, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle :
Fossiles primaires. 1 vol. gr. in-8, avec 285 fig. dans le texte, dessinées par M. Formant..... 40 fr.
Fossiles secondaires. 1 vol. gr. in-8, avec 304 fig. dans le texte, dessinées par M. Formant... 40 fr.
Mammifères tertiaires. 1 vol. gr. in-8, avec 312 fig. dans le texte, dessinées par M. Formant. 40 fr.
- Essai de Paléontologie philosophique**, par M. Alb. GAUDRY, membre de l'Institut et de la Société royale de Londres, professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle. 1 vol. in-8, avec 204 gravures dans le texte..... 8 fr.
- Le Terrain carbonifère marin de la France centrale.** — I. *Étude paléontologique et stratigraphique des faunes.* — II. *Transgression de la mer carbonifère.* — III. *Anciens glaciers de la période houillère supérieure dans la France centrale*, avec coupes géologiques et 17 planches de fossiles (en héliogravure de la maison Dujardin), par M. A. JULIEN, professeur de géologie et de minéralogie à l'Université de Clermont-Ferrand. 1 fort vol. in-4 raisin, avec 17 pl. en héliogr. et coupes géologiques dans le texte..... 60 fr.
- Paléontologie française.** Description des fossiles de la France, avec des figures de toutes les espèces lithographiées d'après nature. La *Paléontologie française*, commencée par M. Alcide d'ORBIGNY, a été continuée depuis la mort de ce savant par une réunion de paléontologistes sous la direction d'un comité spécial. Elle comprend à ce jour 21 volumes complets (certains volumes sont vendus séparément)..... 1500 fr.
- Zoologie pratique**, basée sur la dissection des animaux les plus répandus, par Léon JAMMES, maître de conférences de zoologie à l'Université de Toulouse. 1 vol. gr. in-8, illustré de 317 figures exécutées par l'auteur. Relié toile..... 18 fr.
- Traité de Zoologie**, par Edmond PERRIER, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Paris :
 FASCICULE I. — Zoologie générale, avec 458 fig. 12 fr. FASCICULE IV. — Vers, Mollusques, avec 566 fig. 16 fr.
 — II. — Protozoaires et Phytozoaires, avec 243 fig. 10 fr. — V. — Amphioxus, Tuniciers, avec 97 figures..... 6 fr.
 — III. — Arthropodes, avec 278 fig. 8 fr. — VI. — Poissons, avec 206 fig. 10 fr.
 FASCICULE VII. — Vertébrés marcheurs (sous presse).
- Les Colonies animales et la formation des Organismes**, par Edmond PERRIER, membre de l'Institut. *Deuxième édition*. 1 vol. gr. in-8 avec 2 planches et 458 figures dans le texte..... 18 fr.
- Cours élémentaire de Zoologie**, par Rémy PERRIER, chargé du cours de zoologie pour le certificat d'études P. C. N. à la Faculté des sciences de Paris. *Quatrième édition*. 1 vol. in-8, avec 721 figures dans le texte, relié toile..... 40 fr.
- L'Anatomie comparée des animaux basée sur l'Embryologie**, par Louis ROULE, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, lauréat de l'Institut. 2 vol. gr. in-8 de xxvi-1970 pages, avec 1202 fig. dans le texte..... 48 fr.
- Nouvelles archives du Muséum d'histoire naturelle**, publiées sous la direction de MM. les professeurs-administrateurs de cet établissement. Il paraît chaque année 1 vol. grand in-4, publié en deux fascicules, avec planches en noir et en couleurs. Chaque volume séparément..... 40 fr.
- Annales des Sciences naturelles**, comprenant la zoologie, la botanique, l'anatomie et la physiologie comparées des deux règnes et l'histoire des corps organisés fossiles : 8^e série, rédigée pour la zoologie par M. E. PERRIER, et pour la botanique par M. VAN TIEGHEM. Il paraît chaque année, de chacune des parties, 2 vol. gr. in-8, avec figures dans le texte et des planches correspondant aux mémoires : chaque volume est publié en 6 cahiers. Abonnement annuel à chacune des parties, zoologie ou botanique : Paris, 30 fr. — Départements et Union postale..... 32 fr.
- La Géographie**, bulletin de la Société de Géographie, publié tous les mois par le Bon HULOT, secrétaire général de la Société et M. Charles RABOT, secrétaire de la rédaction. — Chaque numéro, du format grand in-8, composé de 80 pages et accompagné de cartes et de gravures nombreuses, comprend des mémoires, une chronique, une bibliographie, etc. — Abonnement annuel : Paris, 24 fr. — Départements, 26 fr. — Etranger, 28 fr. — Prix du numéro : 2 fr. 50.
- Annales de Paléontologie** publiées sous la direction de Marcellin BOULE, professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle. Paraissant tous les trois mois. Les 4 fascicules annuels forment un volume d'au moins 20 feuilles in-4 illustrées de 20 planches hors texte et de figures dans le texte. Années 1906 et 1907. Tomes I et II, 25 fr. — Prix de l'abonnement annuel : Paris et départements, 25 fr. — Etranger..... 30 fr.

Folio
QEB32.P3 L1
La montagne Pelee apres ses erups
Kimmel Library APL5401
3 2044 032 892 556

DATE DUE

APR 10 1956				
MAY 06 1956				

GAYLORD

PRINTED IN U.S.A.

